

# Storrankekompostering

Erfaringer fra Orio-prosjektet  
kompostering i storranke

Tor-Jørgen Aandahl

Jordforsk rapport nr. 80/02

*Tittel:*

Storrankekompostering - Erfaringer fra Orio-prosjektet kompostering i storranke.

*Forfatter(e):*

Tor-Jørgen Aandahl

<i>Dato:</i> 31.12 2002	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr.:</i> 3592	<i>Arkiv nr.:</i> 6.01.13
<i>Rapport nr.:</i> 80/02	<i>ISBN-nr.:</i> 82-7467-438-3	<i>Antall sider:</i> 30	<i>Antall vedlegg:</i> 3

*Oppdragsgiver:*

ORIO - Organiske restprodukter - ressurser i omløp

*Kontaktperson(er):*

Tormod Briseid, NORSAS A/S

*Stikkord:*

Kompostering, våtorganisk avfall, storranke

*Fagområde:*

Slam og avfallsbehandling

*Sammendrag:*

I denne rapporten er det gitt en beskrivelse av de viktigste erfaringene fra Orio-prosjektet *Kompostering i Storranke*. Prosjektet startet i mai 2001 og ble avsluttet i desember 2002. Hensikten med prosjektet var å forbedre og sikre driften av og dokumentasjonen rundt komposteringsanlegg som benytter storrankekompostering. Viktige temaer var å dokumentere komposteringsprosessen og utarbeide system for kvalitetssikring av storrankekompostering. 6 storranke komposteringsanlegg har vært med. Ingen av anleggene var i utgangspunktet bygget for det driftsopplegget de i dag har, og har før de startet med storrankekompostering vært innom andre komposteringsløsninger. Gjennom prosjektet har de fleste av anleggene gjennomført endringer i driftsopplegget som har forbedret driften. Myndighetenes krav til internkontroll fastslår bedriftens eget ansvar for kvalitet på egne produkter. For komposteringsanlegg betyr dette at de må kunne dokumentere at det er etablert rutiner og tiltak som gir tilstrekkelig sikkerhet for at gjødselvereforskriften etterleves. Gjennom prosjektet er det synliggjort for anleggene at arbeidet med driftsinstruks og kvalitetssikring er en kontinuerlig prosess som krever oppfølging. Det er samlet inn driftsdata og gjennomført kjemiske og mikrobiologiske analyser som viser at kompostering i storranke gir et sluttprodukt av tilfredsstillende kjemisk og hygienisk kvalitet. Kunnskap, erfaringsdata og registreringer som har framkommet i prosjektet, viser at det er mulig å tilfredsstillere dagens regelverk m.h.p. dokumentasjon i gjødselvereforskriften og de krav som stilles til internkontroll og kvalitetssikring.

Ansvarlig leder

.....  
Øistein Vethe

Prosjektleder

.....  
Tor-Jørgen Aandahl



# Forord

---

Rapporten er en oppsummering av det arbeidet og de erfaringer som er gjort gjennom ORIO-prosjektet *kompostering i storranke*. Prosjektet startet våren 2001, og gikk ut år 2002. Avfallsselskaper som deltok i prosjektet var: Avfallsservice AS, Senja avfallsselskap, Interkommunalt renovasjonsselskap i Salten (IRIS), Innherred Renovasjon (IR) og Sunnhordaland interkommunale miljøverk (SIM). Lofoten avfallsselskap (LAS) ble med i prosjektet i mars 2002. Øvre Romerike avfallsselskap var med i prosjektet første året, men valgte å trekke seg fra prosjektet da storrankekompostering ikke lenger var aktuell som behandlingsmetode.

Miljøverndepartementet og Landbruksdepartementet vedtok i 1999 å opprette et 5-årig program, ORIO - "Organiske restprodukter - ressurser i omløp".

Programmets hovedmål er å bidra til bærekraftig utnyttelse av ressursene i våtorganisk avfall og slam og samtidig ivareta hensynet til miljø og helse til mennesker, dyr og planter.

Programmet skal fremme alternative metoder som skal være egnet til å ; erstatte deponering (med problemer knyttet til utslipp av klimagasser, forurenset sigevann, luktutslipp, smittespredning, arealbruk) og forbrenning. Det skal arbeides for å redusere mulige problemer knyttet til behandling av våtorganisk avfall og slam, så som luktutslipp, eventuelt et dårlig arbeidsmiljø, høyt energiforbruk, utslipp av prosessvann, forurensende luftutslipp og annet.

Man skal redusere andre miljøproblemer knyttet til bruk av våtorganisk avfall og slam, så som spredning av organiske og uorganiske miljøgifter, smittestoffer eller andre miljøproblemer. Programmet skal fremme gode innsamlingsløsninger for våtorganisk avfall som ikke er til ulempe for den enkelte forbruker. Programmet skal fremme prosesstekniske behandlingsmetoder og produkter som sikrer at næringsstoffene ikke går tapt, men blir tilgjengelige for ny plantevekst. Å beholde næringsstoffene og organisk strukturmateriale i produktene er med å øke verdien av disse produktene, både sett fra et ressursmessig og økonomisk synspunkt.

En viktig oppgave for ORIO-programmet vil være å sikre kvaliteten av produkter basert på våtorganisk avfall og slam, styrke tilliten og bedre avsetningen. Programmet skal drive med informasjonsvirksomhet og styrke det tverrfaglig samarbeidet mellom ulike miljøer samt videreutvikle kunnskap og kompetanse innen fagfeltet.

# Innhold

---

1.	Innledning .....	4
2.	Komposteringsanlegg som har deltatt i prosjektet.....	5
2.1.	Avfallsservice A/S .....	5
2.2.	Senja Avfallsselskap .....	5
2.3.	Interkommunalt renovasjonsselskap i Salten.....	5
2.4.	Innherred renovasjon .....	6
2.5.	Sunhordaland interkommunale miljøverk .....	6
2.6.	Lofoten avfallsselskap .....	7
3.	Driftserfaringer .....	8
3.1.	Utforming av anleggene.....	8
3.2.	Lokalisering og luktproblemer.....	8
3.3.	Arealbehov og arealutforming .....	9
3.4.	Tømme plass/blande plass .....	10
3.5.	Forbehandling av våtorganisk avfall.....	11
3.5.1.	Utsikting av plast og større fremmedlegemer.....	11
3.5.2.	Blanding og bruk av strukturmateriale .....	12
3.6.	Oppbygging av storranke .....	13
3.7.	Valg av vifter for luftinnblåsing .....	15
3.8.	Bruk av biofilter til overdekking av storranke .....	15
3.9.	Behandlingstid .....	16
4.	Prosessoppfølging.....	17
4.1.	Luftinnblåsing og oksygentilførsel .....	17
4.1.1.	Målinger av oksygeninnhold i rankene.....	17
4.1.2.	Lufttilførsel og lukt .....	20
4.1.3.	Anbefalinger om kjøring av vifter .....	20
5.	Dokumentasjon av kompostkvalitet og temperaturforløp .....	21
5.1.	Hygienisering.....	21
5.1.1.	Temperaturmålinger i storranke. Dokumentasjon av temperaturforløp.....	22
5.1.2.	Hygienisk kvalitet på komposten.....	24
5.2.	Kjemisk kvalitet på komposten.....	26
5.3.	Internkontroll og kvalitetssikring.....	27
6.	Oppsummerende vurderinger og anbefalinger .....	28
7.	Referanser .....	29
8.	Vedlegg.....	30

# 1. Innledning

---

En del komposteringsanlegg i Norge har valgt å satse på enkle løsninger med lavt investeringsbehov for å kompostere våtorganisk avfall. En slik løsning er statiske storranke med kontrollert lufting. Nøyaktig oversikt over hvor mange komposteringsanlegg i Norge som benytter denne metoden til behandling av våtorganisk avfall finnes ikke, men det dreier seg om 10-15 anlegg. I Nord-Norge er kompostering i statiske storranke med kontrollert lufting den dominerende metoden for behandling våtorganisk avfall. IRIS i Bodø var først ut, og startet med denne metoden for snart 4 år siden, og var nok det første anleggene i Norge som tok denne metoden i bruk til kompostering av våtorganisk avfall.

Ingen av komposteringsanleggene i prosjektet er utformet eller driftes likt. Det er gjort tilpasninger til det enkelte anleggs utforming og drift, og til andre lokale forhold. Komposteringsanleggene har stadig vært i utvikling for å løse driftsutfordringer som har oppstått underveis, og for å oppnå et best mulig driftsresultat. Anlegg som er med i dette prosjektet ser derfor stor nytte av å gå sammen i et felles prosjekt som jobber med aktuelle problemstillinger omkring storrankekompostering. De er også opptatt av at det gjennom prosjektet jobbes aktivt med å få til et felles nettverk for erfarings- og fagutveksling.

Prosjektet har hatt følgende mål:

Hovedmål:

Forbedre og sikre driften av og dokumentasjonen rundt komposteringsanlegg som benytter storrankekompostering. Dokumentere komposteringsprosessen og utarbeide system for kvalitetssikring av storrankekompostering.

Delmål:

1. Gjennomføre nødvendige registreringer og analyser på anleggene for å finne best mulig system og metodikk for dokumentasjon av komposteringsprosessen.
2. Analysere data fra delmål 1. Identifisere problemer og forbedringsområder. Vurdere muligheter for forbedringer av prosess og drift på det enkelte anlegg.
3. Bruke data fra delmål 1 og 2 i dokumentasjon av komposteringsprosessen, og til å utarbeide forslag til et kvalitetssikringssystem for storrankekompostering.
4. Bruke aktuelle data som samles inn i prosjektet til å bygge opp en kunnskapsbase om storrankekompostering.

I prosjektet er det samlet inn en del opplysninger som må regnes som det enkelte anleggs eie. Eksempel på dette er informasjon som inngår i anleggenes kvalitetssikringsrutiner og driftsinstrukser. Dette er informasjon som ikke er tatt med i denne rapporten. I løpet av prosjektperioden er det utarbeidet flere notater til det enkelte anlegg eller felles notater, som har tatt for seg det vi til en hvert tid har jobbet med og resultater av målinger og registreringer som har vært gjort. Dette er notater som kun har vært tilgjengelig for den eller de notatet har vært adressert til. En rekke opplysninger som er samlet inn er gjort tilgjengelig for alle, og lagt fram på felles møter med mer.

Denne rapporten prøver å vise helheten i prosjektet og det vi har jobbet med. Resultatet av erfaringer som er gjort, målinger som er gjennomført og diskusjoner vi har hatt, finnes nå som gjennomførte tiltak og innarbeidete rutiner på det enkelte anlegg.

## **2. Komposteringsanlegg som har deltatt i prosjektet**

---

Nedenfor følger en kort beskrivelse av anleggene som har deltatt i prosjektet med vekt på plassering, mottatte mengder og teknologiutvikling.

### **2.1. Avfallsservice A/S**

Komposteringsanlegget ligger i Skibotn noen kilometer opp i Skibotndalen. Anlegget ble etablert vinteren 2000/2001, i første omgang som et midlertidig storrankeanlegg i påvente av investering i et reaktor-anlegg. Det ”midlertidige” anlegget har i løpet av år 2002 utviklet seg til et komplett storrankeanlegg, som tar i mot ca 6000 årstonn kildesortert våtorganisk avfall fra Tromsø kommune og fra 5 kommuner i Nord-Troms.

### **2.2. Senja Avfallsselskap**

Komposteringsanlegget ligger på Gibostad på Senja. Anlegget ble bygget i 1993 som et anlegg for rankekompostering. Den gang ble det benyttet småranker som ble vendt med rankevender. I 1997 ble det investert i komposteringsreaktor, som viste seg å ikke fungere som forventet. Komposteringsprosessen kom aldri skikkelig i gang. I 1999 valgte anlegget å gå over til kompostering i storranke med kontrollert lufting. Idé og inspirasjon ble hentet fra IRIS sitt anlegg. Reaktoren brukes nå til blanding/forbehandling av blandingen av struktur og våtorganisk avfall før det legges i storranke. Anlegget behandler i dag ca 1500 årstonn matavfall.



Bilde 1: Storranke hos Senja avfallsselskap.

### **2.3. Interkommunalt renovasjonsselskap i Salten**

I 1997 begynte Interkommunalt renovasjonsselskap i Salten (IRIS) med kompostering i småranker med vende-program. Det ble raskt erfart at dette driftsopplegget til tider gav store luktutslipp, som i perioder sjenerte bebyggelsen i nærområdet. I februar 1999 gikk IRIS over til kompostering i storranke med kontrollert lufting. Driftsopplegget ble utarbeidet av IRIS og Jordforsk i fellesskap, og går ut på at storranken bygges opp på en pallerekke som danner en kanal under ranken. I kanelen ligger det rør som sørger for lufttilførsel. Luften blåses inn med

en kraftig vifte. Hver ranke rommer ca 1000-1200 tonn råkompost. IRIS vil i løpet av år 2002 ta i mot ca 10 000 årstonn kildesortert våtorganisk avfall. Dette kommer fra alle kommunene i søndre og midtre deler av Nordland nord til Hamarøy, med unntak Bindal. Storrانكekomposteringen ved IRIS er beskrevet av A. Hauge (2000) i Jordforsk-rapport 104/00.

## 2.4. Innherred renovasjon

Innherred renovasjon startet med kompostering av våtorganisk avfall i 1995. De begynte med småranker med vendeprogram. Det første anlegget lå på Mule. Anlegget ble raskt flyttet til Skjørdalen avfallsanlegg hvor det ble samlokalisert med deponiet. Høsten 1996 var driften i Skjørdalen i gang, da med småranker med vendeprogram, et driftsopplegget som ble beholdt fram til høsten 1998. Innherred renovasjon gikk så over til å bygge storrانك som ble lagt helt inntil hverandre. Under ranken ligger en seng med grov struktur med lufteør inni som er koblet til en kraftig vifte som kan suge eller blåse luft gjennom massen. Komposteringen foregår ved at luft suges igjennom kompostmassen og avsugsluften behandles i et biofilter. Ut i prosessen endres luftstrømmen fra sug til blå. I en periode behandlet anlegget ca 13 000 årstonn våtorganisk avfall. I dag behandles ca 9500 årstonn. Dagens anlegg er planlagt avsluttet primo 2004. Etter den tid planlegges det at våtorganisk avfall skal behandles i et høyteknologisk biogassanlegg.

## 2.5. Sunhordaland interkommunale miljøverk

Sunhordaland interkommunale miljøverk (SIM) holder til på Svartasmoget i Fitjar kommune. De startet med kompostering av matavfall i 1997. De to første årene ble anlegget drevet med småranker som ble vendt med vendemaskin. I 1999 gikk de over til å kompostere i storrانك med kontrollert lufting. Anlegget har det siste året økt mottaket av våtorganisk avfall og kommer i år 2002 til å behandle ca 6000 årstonn.



Bildet 2: En oversikt over komposteringsanlegget til SIM høsten 2002. Foto SIM.

## 2.6. Lofoten avfallsselskap

LAS begynte med kildesortering i 1998. Det første matavfallet som ble samlet inn ble kompostert i ranker som ble vendt. I februar 1999 ble et nyutviklet finsk reaktoranlegg tatt i bruk. Denne var i prøve/utviklingsdrift fram til april 2001, men kom aldri skikkelig i gang. Reaktoren er i skrivende stund ikke i bruk. Storrankekompostering blir nå benyttet som behandlingsløsning for våtorganisk avfall. LAS behandlet i år 2002 ca 2000 tonn våtorganisk avfall og ca 1000 tonn slakteavfall. Slakteavfallet komposteres sammen med avløpsslam og blandes ikke inn i matavfallet. Fram til nå har komposteringen foregått på en midlertidig lokalitet på deponiet. Der er det nå laget egen asfaltert plass for kompostering. Ranken bygges som hos IRIS.

## 3. Driftserfaringer

---

I prosjektet er det jobbet mye med driftsrutiner, dvs hvordan de enkelte arbeidsoppgavene løses best mulig på det enkelte anlegg, eksempelvis: hvordan ranken bygges, anleggutforming, kjøreopplegg, generelt driftsopplegg og prosessoppfølging, dokumentasjon og kvalitetssikring. I forbindelse med fagsamlingene vi har hatt i prosjektet, har dette vært et tema som har blitt viet mye oppmerksomhet. Erfaringsutveksling mellom driftsoperatører og driftsansvarlige på anleggene har gjennom hele prosjektperioden vært viktig. I løpet av prosjektet har det for flere av anleggene blitt etablert god kontakt. Flere av anleggene er ofte i kontakt for å diskutere problemer og utfordringer de står overfor i den daglige driften.

### 3.1. Utforming av anleggene

Ingen av anleggene var i utgangspunktet bygget for det driftsopplegget de i dag har. Samtlige av anleggene har siden oppstart hatt mer eller mindre kontinuerlig endring av driftsopplegget. Dette har gitt endringer i arealutnyttelse, og flere av anleggene har i løpet av den tiden de har vært i drift utvidet anleggsarealet. Ingen av anleggene kan pr i dag regnes som helt ferdig utviklet for det driftsopplegget de ønsker, og ideelt sett skulle hatt , selv om de har et driftsopplegg som fungerer. Anleggene vil nok også videre framover gjøre vurderinger av arealdisponeringer og nye tekniske investeringer. Endringer kommer helt sikkert til å bli gjort. I samtale med driftsleder Per Grønnesby ved Marieholm komposterings-anläggning i Göteborg, som har drevet med kompostering siden 1993, uttaler Grønnesby følgende: *Varje komposteringsanläggning måste i detalj dimensioneras och byggas efter de lokala förutsättningarna. För närvarande finns inget enskilt koncept som löser alla problem på alla platser/lokaliteteter. Ofta måste man också räkna med relativt lång inkörningstid vid nya anläggningar.* Vi slutter oss til dette.

### 3.2. Lokalisering og luktproblemer

Hvordan lukt fra komposteringsanleggene oppleves av naboer/omverden er ikke bare knyttet til hvordan komposteringsprosessen gjennomføres. Ingen av anleggene var ved etablering forberedt på at det kunne oppstå luktproblemer som kunne påvises og sjenere befolkningen flere kilometer unna anleggene. Meteorologiske forhold som fremherskende vindretninger og inversjon<sup>1</sup>, er faktorer for luktspredning som er erfart i etterkant. Luktproblemene har vist seg å være størst i den kalde årstiden. RVF rapport (18:01) diskuterer mer om dette med lukt og lokalisering av komposteringsanlegg. Ved nyetablering av komposteringsanlegg bør det gjøres et grundig forarbeid mht fare for luktspredning. Her bør det brukes erfaringer som er gjort på andre komposteringsanlegg. Lukt og lokaliseringsspørsmål gjelder ikke bare for anlegg som driver med storrankekompostering. Det er kjent at anlegg som benytter andre teknologiske komposteringsløsninger også har problemer med luktutslipp, og har måtte investere betydelige beløp i lukttrensetiltak. For mer opplysninger om lukt, luktstoffer og sammenhengen mellom prosess og lukt i forbindelse med kompostering av våtorganisk avfall, vises til vedlegg 3.

---

<sup>1</sup> Hvis temperaturen i lufta nær bakken av en eller annen grunn faller, vil den kaldeste (tyngste) lufta synke ned i de laveste områdene i terrenget pga. tyngdekraften. På en klar vinternatt med snø på bakken vil underlaget/snøen sende langbølget stråling ut i verdensrommet. Bakken mister varme og temperaturen i snøen faller. Lufta nær bakken avkjøles på grunn av kontakten med underlaget. Den avkjølte ”tunge” lufta synker ned i de laveste områdene i terrenget; forsenkninger, daler, fjorder osv. I slike vær-situasjoner vil vi da få en temperaturendring som er motsatt av det vanlige: Temperaturen stiger med høyden. Vi sier at vi har en INVERSJON (invers = omvendt).

Lukt fra et komposteringsanlegg kan oppleves som sjenerende og svært ubehagelig, og vi vet at dette kan påvirke vårt velvære og vår psykiske tilstand. I tilfeller hvor folk eksponeres for sjenerende lukt fra komposteringsanlegg, bør det behandles som et helseproblem. For å beholde den aksepten i befolkningen som komposteringsanlegg er avhengig av, er det derfor svært viktig at det ikke oppstår lukt som sjenerer omgivelsene. Graden av eksponering vil selvfølgelig være avgjørende for hvor stort dette problemet er. Det er vanskelig å si hva som kan/bør tolereres av sporadiske luktutslipp. Det er ikke snakk om giftvirkende konsentrasjoner av luktende stoffer.

Storrankeanlegg har gjennom den tiden de har vært i drift gjort erfaringer på tiltak som reduserer luktdannelse og evt frigjøring av luktstoffer. Dette tas det på flere av anleggene hensyn til i den daglige driften.

- Fjerning av mest mulig plast før avfallet legges til kompostering. Plast i rankene gir anaerobe soner. I disse sonene dannes det luktsterke forbindelser som frigjøres ved videre håndtering.
- Overdekking av storrankene med minimum 20-30 cm lag med biofilter. Biofilteret holder tilbake og bryter ned potensielle luktstoffer.
- Suge luft gjennom rankene og behandle avsugsluften i biofilter før den slippes ut.
- Flytting og sikting av kompost under gunstige værforhold, dvs vind som gir god luftblanding. Under disse arbeidsoperasjonene frigis det alltid mye lukt.

### 3.3. Arealbehov og arealutforming

Planlegging og utforming av areal må tilpasses hvordan arealet skal brukes. Det kreves nøye planlegging for å få til gode løsninger tilpasset lokale forhold. Storrankekompostering er arealkrevende, og nok areal er nødvendig for å få et godt og fleksibelt driftsopplegg.

3 av anleggene bygger rankene helt inntil hverandre. Dette gjøres primært for å utnytte plassen best mulig. Bilde 3 viser en slik ranke under bygging.



Bilde 3: Ranke under bygging. Ranken legges på en madrass av grov struktur.

På bilde 3 ser en hvordan rankene legges side mot side. To av anleggene bygger separate storranker med nok avstand mellom hver ranke, til at det er mulig å kjøre med hjullaster i mellom rankene. Denne måten å bygge ranken på er noe mer arealkrevende. Hvor mye plass en trenger til storrankene er også avhengig av hvor lang behandlingstiden er. Vurderinger som er gjort på bakgrunn av anleggenes nåværende driftsopplegg, tilsier at det er behov for omkring 0,6 m<sup>2</sup> behandlingsareal pr årstonn mottatt matavfall. Det er da tatt hensyn til at det skal være plass til å kjøre hjullaster på behandlingsområdet. Til sammen antas at det vil være et total areal behov på omkring 1 m<sup>2</sup> pr årstonn mottatt matavfall. Det må være nok plass til alle nødvendig arbeidsoperasjoner, til å kjøre maskiner, lagring av strukturmateriale og nok plass til etterbehandling av komposten etter sikting. I tillegg vil det være behov for ekstra plass for lagring av ferdig kompost eller jordblandinger som lages av komposten. Anlegg som driver med storrankekompostering vil letter kunne etablere et godt og sikkert, men samtidig et fleksibelt driftsopplegg, dersom anlegget har god tilgang på tilrettelagt areal.

Alle flater må ha fast dekke og fall mot drenering. Fallet bør være omkring 2%, gjerne mer. Alt areal må ha gode dreneringsløsninger for håndtering av overflatevann.

Dreneringsløsningen må tilpasses de klimatiske forhold hvor anlegget ligger. Lange perioder med frost er en utfordring for anleggene i Nord-Norge. Plassering av kummer og sluk må tilpasses bruken av arealet. Det bør være klare vannskiller og nok sluk som kan ta i mot overflatevann. Det må tenkes på at det ikke må renne vann fra ferskt matavfall og inn på areal med ferdig kompost. Dette krever klare skiller. I den varme årstiden må det være mulig å spyle alt areal hvor det foregår trafikk og behandling. Noen anlegg benytter i tillegg børste som monteres på hjullasteren.

### **3.4. Tømme plass/blandeplass**

På anleggene tømmes det våtorganiske avfallet i egen bølge/ eller på egen tømme plass under tak. Erfaring fra anleggene er at det er lite gunstig å få nedbør, snø eller regn, i matavfall eller fersk blanding av struktur og matavfall. Dette gir fort et dårlig utgangspunkt for videre behandling fordi massen fort blir veldig våt.

Tømme plassen bør ha kapasitet til at avfallet kan lagres i noen dager før det må håndteres videre. Plassen må utformes slik at det er lett å hente ut massen med hjullaster, men må samtidig være avskjernet slik at ikke ferskt matavfall kommer i kontakt med ferdig kompost eller kompost som er under behandling. Det bør også være mulig med en visuell kontroll av lassene etter hvert som de leveres. Plassen bør være sikret slik at fugler ikke kommer til. Tømme plassen bør være plassert slik at biler som leverer ikke må inn på selve behandlingsområdet.

## 3.5. Forbehandling av våtorganisk avfall

Før matavfallet legges til kompostering har det vist seg fordelaktig å gjennomføre en forbehandling av det våtorganiske avfallet, slik at komposteringsforløpet blir best mulig.

### 3.5.1. Utsikting av plast og større fremmedlegemer

Våtorganisk avfall som kommer inn, bearbeides enten med sikteskuffe, eller legges opp i ranke og kjøres igjennom med rankevender. Hensikten med denne operasjonen å åpne papir-, bio- eller plastposer som matavfallet er samlet inn i, og for å få blandet inn strukturmateriale. For anlegg som har mye fremmedstoff i innkommet avfall, i hovedsak plast, fungerer denne behandlingen som en rein poseåpning før neste behandlingstrinn.

Sikting av det våtorganiske avfallet før det legges til kompostering, er for de fleste anleggene helt nødvendig for å kunne gjennomføre en god komposteringsprosess, og for å få best mulig kvalitet på den ferdige komposten. Blir det for mye plast med i storrankene, gir dette lett store luktproblemer ved videre håndtering. Plasten lager forhold for dannelse av små anaerobe soner hvor det dannes nedbrytningsprodukter som lukter stramt og surt. Det er vanskelig å si hvor grensen går, men ved mer enn 5-10% (våtvekt) urenheter bør sikting/utplukking absolutt vurderes før videre behandling.



Bilde 4: Plast og andre større fremmedlegemer siktes ut. Sjøppel til høyre bak stolpe. Haug med matavfall til kompostering i front.

Sikting gjennomføres med trommelsikt. På noen av anleggene siktes det ut ca 20-35 vektprosent (våtvekt) av innkommet våtorganisk avfall. I vedlegg 1 vises resultater fra en sorteringsundersøkelse som Jordforsk gjennomførte på et av anleggene. Her ser en at matavfall som leveres i opti-bag plastposer, har ca 35% utsikting, mens matavfall som kastes i egen dunk, hvor bleier er med, har ca 20% utsikting. Fra anlegg som verken tar i mot opti-bag eller har bleier med i matavfallsdunken, oppgis at de plukkes/siktes ut ca 5 vektprosent (våtvekt) med søppel (i hovedsak plast). Et anlegg vurderer det innkomne avfallet som så reint at de manuelt plukker ut større fremmedlegemer.

Ved sikting av kildesortert våtorganisk avfall vil det alltid følge med en del matavfall i sikterestene. Tellingen som er vist i vedlegg 1 viser at ved forsikting av matavfall i opti-bag, så inneholder frasiertet søppel ca 25 vektprosent (våtvekt) organisk materiale. For kildesortert matavfall i bioposer, levert i egen dunk, var innholdet 7% (våtvekt).

For å få et godt sikteresultat, må matavfallet være passe bearbeidet før det siktes. Brukes rankevender må den ha gode ”kniver” slik at posene som matavfallet er samlet inn i åpnes, og massen blir nok bearbeidet.. Kjøres avfallet gjennom sikteskuff må den ikke kjøres for fort, og det vil ofte være behov for 2-3 gjennomkjøringer.

### **3.5.2. Blanding og bruk av strukturmateriale**

Erfaringer viser at strukturmateriale er en kritisk faktor for å oppnå god og effektiv kompostering av våtorganisk avfall. Strukturmateriallets hovedoppgaver er å tilføre avfallet struktur som gjør blandingen gjennomluftbar. Oksygen skal komme inn i massen, CO<sub>2</sub> og vanddamp slippe ut. Strukturmateriallet tilfører også kompostblandingen karbon som kan omsettes i prosessen, og gi et best mulig komposteringsforløp (Aasen og Lystad 2002).

Ved storrankekompostering, hvor massen legges opp i 3-4 meters høyde, er det viktig at strukturmaterialet har en egenskap som gjør at massen ikke klapper sammen, men beholder den nødvendige porøsiteten for å gi tilstrekkelig luftgjennomstrømning. For å få dette til er det nødvendig med et strukturmateriale som har et passe innhold av grov og fin struktur.

Samtlige anlegg i dette prosjektet bruker knust trevirke som strukturmateriale. Det er ikke gjennomført noen undersøkelse av størrelsesfordelingen av treflis. Anleggene ønsker å benytte grov flis. I praksis snakker vi om grov flis når den er ca 3-5 cm lang. Blir det mye flis som er over ca 7-10 cm lang, er den i groveste laget. Flisen vil alltid inneholde en del finstoff. Blir det for mye finstoff i flisen kan den med fordel siktes på 25 millimeter før den benyttes. Finstoffet siktes fra for senere å kunne bli blandet inn i råkomposten i passende mengder og i blanding med tilstrekkelig grovflis slik at råkomposten har den nødvendige strukturen.

Ulempen ved å bruke grov struktur i blanding med våtorganisk avfall er at den har liten evne til å bygge opp finporer i blandingen. Det er i finporene vannet kan bindes. Det er kjent at råkompost tidlig i prosessen slipper vann. Det har vi sett på alle anleggene. Dette vannslippet kan reduseres ved å bruke strukturmateriale som har mye finporer, og dermed stor vannoppsugingsevne. Strukturmateriallets oppgave blir å sikre en god fordeling av fine og grove porer.

Fuktighetsinnholdet i matavfall varierer gjennom årstiden, fra lass til lass og fra anlegg til anlegg. I følge Aasen og Lystad (2002) ligger tørrstoffinnholdet i rent våtorganisk avfall typisk på 25-35%. For å sikre en god komposteringsprosess, bør råkomposten ved opplegging i storranke ha en tørrstoffinnhold rundt 40% eller helst litt over. I følge Epstein (1997) bør råkomposten ha mer enn 40% tørrstoff for å sikre nødvendig tilgang på luftfylte porer, og dermed en god luftfordeling i råkomposten. Den rette innblandingen av strukturmaterialet må derfor tilpasses matavfallets konsistens. 1 del struktur på 2 deler matavfall har på noen anlegg vist seg å være et fornuftig blandingsforhold. I tillegg kommer det ofte inn ekstra strukturmateriale i forbindelse med midlertidig overdekning ved utkjøring, litt ekstra når det er et fuktigere avfall slik at det totale forbruket av strukturmateriale blir noe høyere, ofte opp mot 50 volumprosent. Noen av anleggene kjører fast med 1 del struktur på 1 del matavfall.

Erfaringene med storranke viser at i løpet av behandlingstiden kan komposten bli svært tørr og at det er umulig å tilsette vann underveis. Det har derfor vært knyttet skepsis til å blande inn for mye struktur av frykt for at komposten ble tørr for tidlig. I følge Epstein (1997) er det liten mikrobiologisk aktivitet i en kompost som har tørrstoffinnhold over 60%.

En utfordring for anleggene som bruker knust treflis som strukturmateriale er å få inn materiale som er fritt for metall, sponplater, finerplater, trykkimpregnert eller bord med malingsrester. Et av anleggene velger å bruke knuste engangspaller som strukturmateriale. Under er det vist eksempel på en kjemisk analyse av strukturmateriale som benyttes på et av anleggene sammenlignet med tall i fra Aasen og Lystad (2002) sine analysetall av trevirke. I sitt arbeid sammenlignet de tungmetallinnholdet i forskjellige typer strukturmateriale, og kom

fram til at knust trevirke hadde høyest innhold av sink, kobber og krom. Kadmiuminnholdet var høyest i trevirke, bark og hageavfall. På bakgrunn av innrapporterte data fra en spørreundersøkelse, fant Lystad med flere (2002) at anlegg som bruker avfallstrevirke i gjennomsnitt hadde 54-178% høyere innhold av tungmetaller enn anlegg som bruker andre strukturmateriale.

	Prøve 1 Alle verdier i mg/kg TS	Trevirke Aasen og Lystad 2002) Alle verdier i mg/kg TS
Sink	479	295
Kobber	57,5	52
Nikkel	7,5	3,1
Kadmium	0,52	0,64
Bly	60	7,6
Krom	65,3	68,3
Kvikksølv	0,28	0,17

### 3.6. Oppbygging av storranke

Rankene bygges enten separat eller legges helt inntil hverandre. Anleggene legger stort sett ut råkomposten 1-3 ganger i uken, eller som på et av anleggene hvor den samles opp i 14 dager, og hele ranken bygges på en dag. På anleggene som bygger ranken over lenger tid brukes det fra 4-12 uker på å bygge en storranke. En anke kan romme fra 400-1200 m<sup>3</sup> masse.

Rankene kan bygges oppå et lag med grov treflis. Noen av anleggene sikter flisen som skal brukes i madrassen, slik at den inneholder minst mulig finstoff. Dette for å sikre god avrenning av prosessvann når ”vannslippet” kommer, slik det er omtalt tidligere. Madrassen legges i 40-50 cm tykt løst lag i hele rankens bredde, eller nesten helt ut mot ytterkant av ranken. Luft som blåses fra viften tilføres gjennom rør. Røredimensjonen og utlegging av rør tilpasses luftinnblåsningssystemet som benyttes. Det mest vanlige er å benytte 150 eller 200 millimeter plastrør som det lages huller i. Hullene kan være 1-2 cm i diameter og ha en avstand på 20-40 cm. Hullene kan plasseres på siden av røret. Ett anlegg bruker 100 millimeter drenerør hvor slissene i drenerøret er eneste åpning. Avstanden mellom rørene varierer, fra at det legges inn ett rør i en storranke med bredde på 6 meter, til at rørene legges med 2 meters avstand. I ranker hvor det benyttes undertrykk (sug) er det helt nødvendig med kort avstand mellom rørene.

Alternativet til å benytte madrass, er å bygge en luftkanal ved hjelp av paller slik det er vist på bilde 5. Dette systemet gir mulighet for god luftfordeling i hele massen, og muliggjør å legge inn råkompost fra begge sider av storranken.



Bilde 5: Storranke under bygging. Pallekanal med lufterør inni. Råkomposten legges inn fra begge sider.

Det er ikke grunnlag for å si at den ene måten å gjøre det på er bedre enn den andre så lenge en legger forholdene til rette for en god luftfordeling i hele kompostmassen. På to av anleggene som bruker madrass, har vi gjort observasjoner som kan tyde på at mye av luften som blåses inn med viften går ut i området mellom 2 ranker. Dette skyldes at her ligger det mindre kompost, og luften søker alltid minste motstands vei.

Når ranken bygges må det ikke kjøres i råkomposten. Dette krever at maskinfører er forsiktig når massene legges opp. Kjøres hjullasterhjulene inn i ranken, vil en kunne få soner med svært kompakt masse som vanskelig lar seg kompostere. Ranken må bygges så jamt som mulig, og det må tenkes luftfordeling når ranken bygges. Mest mulig av massen må kunne oppnå god luftutskiftning. Samtlige anlegg har egen praksis for hvordan storranken bygges. Dette er tilpasset mengde mottatt avfall, lagringsplass med mer.



Bilde 6: Ferdig bygget storranke. Det er god avdamping når viftene går.

### 3.7. Valg av vifter for luftinnblåsing

Kontrollert luftinnblåsing i storranke benyttes for å:

- gi best mulig oksygentilførsel til massen som skal komposteres slik at komposteringen foregår under mest mulig aerobe forhold.
- transportere ut overskuddsfuktighet gjennom damp.
- transportere ut overskuddsvarme slik at komposten ikke blir for varm.

Råkompost som legges opp i ranke med 6-8 meters bredde og 2,5-3,5 meters høyde har en motstand mot å slippe luft igjennom. Vifter som brukes må være dimensjonert for dette mottrykket. Det er ikke foretatt målinger av trykkfall i massene i dette prosjektet, men tidligere beregninger som er gjort på ett av anleggene antar et trykkfall på ca 1200 Pa når det nyttes moderate mengder luft. Med rankehøyder omkring 3,5 meter bør en ta høyde for at trykkfallet kan være opp mot 2000 Pa. Vifter som nyttes bør derfor være dimensjonert for dette.

Viftene som brukes på 5 av anleggene er sentrifugalvifter som kan levere 2500 m<sup>3</sup> luft i timen ved et mottrykk på 2700 Pa, og opp til 3000 m<sup>3</sup>/h ved mindre mottrykk. Ett av anleggene bruker en 0,25 kwh sentrifugalvifte som tåler maks mottrykk 650 Pa og som ved 600 Pa mottrykk leverer 50 m<sup>3</sup> luft i timen. Ved ca 400 Pa mottrykk leverer denne viften ca 750 m<sup>3</sup> luft i timen. Anlegget som bruker den minste viften bygger også de minste storrankene. Enkeltmålinger som er gjort, og observasjoner på viftenes sugeside, tyder på at viften til tider ikke har nok kapasitet til å blåse luft igjennom råkomposten i storranken.

Vifter som tåler stort nok trykktap vil også tilføre store mengder luft. Oksygenforbruket til nedbrytingsprosessene er moderat og luftmengden som tilføres, dersom viften går kontinuerlig, vil være langt over det som trengs til selve nedbrytningsprosessen. I følge Epstein (1997) er behovet for lufttilførsel for å holde god biologisk aktivitet ca 1/6-1/10 av det som trengs for å fjerne vannet fra komposten etter som nedbrytingen av det organiske materiale pågår. Kontinuerlig kjøring av vifter vil uansett føre til nedkjøling og uttørring av komposten. Systemet må derfor være tidsstyrt med mulighet for regulering av start og stopp på minutter, og med ubegrenset antall innslag per døgn. Erfaringsmessig fungerer det best med PLS styring av viften.

### 3.8. Bruk av biofilter til overdekking av storranke

En ferdig bygget storranke bør dekkes med minimum 20 cm lag med biofilter. Dette for å beskytte mot nedbør og fugl, og for å isolere slik at ytterkant av råkomposten som er lagt ut oppnår tilstrekkelig temperatur (se kap 5.1). Overdekkingsmassen kan også holde tilbake og bryte ned luktførbindelser. Til overdekkingsmasser kan det brukes usiktet kompost, sikterest fra kompost, delvis kompostert og knust hageavfall, bark, knust trevirke eller en blanding av noen eller flere av disse ingrediensene. Dokumentasjon i litteraturen og erfaringer med biofilter viser at knust trevirke er den massen som gir minst luktreduksjon. Overdekkingsmassen må ikke være for tett da det er nødvendig at prosessluft og damp slippes igjennom.

### 3.9. Behandlingstid

Prosessrutinene gjennomføres forskjellig på alle anleggene, og for flere av anleggene har det gjennom hele prosjektperioden vært justeringer i driftsopplegget. Behandlingstiden i storrankene varierer fra 12-30 uker. Ved kortest liggetid lastes komposten ut, og legges opp i ny ranke under tak, hvor den ligger i 4-8 uker før den siktes. Et viktig suksesskriterium for et godt sikteresultat, er at komposten er tilstrekkelig opptørket. Det er derfor gunstig at komposten, når den lastes ut fra storranken og opp i ny ranke før sikting, legges under tak slik at den ikke fuktes ned av store mengder nedbør. I områder med tørt klima, som for eksempel i Skibotn, anses ikke dette som noe problem.

Komposten siktes hos de fleste på 15 eller 10 millimeter. Er komposten fuktig velges største maskevidde. Videre lagring/ettermodning foregår i haug eller ranke som på noen anlegg lastes om flere ganger i løpet av ettermodningstiden. To av anleggene vurderer å benytte paller under komposten som legges til ettermodning og luftinnblåsing med vifte. Dette for å få best mulige forhold for en videre aerob kompostering. Ettermodningen går i minimum 3 mnd før omsetning. Fra matavfallet kommer inn til det forlater anlegget som ferdig kompost, går det på alle anleggene minimum 35-40 uker. De fleste har komposten under behandling i over ett år før komposten omsettes. Alle anleggene ser viktigheten av at kompost som kjøres ut fra anleggene, eller som benyttes i vekstjordblandinger, er stabil og luktfri. Dette krever at forholdene legges til rette for ettermodning, og at en har tilstrekkelig med egnet areal.

Ettermodning av kompost fra storranker er en problemstilling som flere av anleggene jobber med for å få gjort bedre. Her vurderes å legge komposten opp etter samme mønster som for storrankene bare i mindre målestokk. Dvs ca 4 meter brede og 2 meter høye ranker med lufterør i bunn som er koblet til en tidsstyrt vifte.

## 4. Prosessoppfølging

---

Gjennom prosjektet har det vært fokusert på flere prosessparametere. De viktigste blir beskrevet under.

### 4.1. Luftinnblåsing og oksygentilførsel

For å sikre en best mulig komposteringsprosess bør det være et mål at mest mulig av råkomposten har tilstrekkelig tilgang på oksygen slik at prosessen kan foregå under aerobe forhold. Det er vanskelig å sette noen definert nedre grense for oksygeninnholdet i råkomposten som mål til for å sikre tilstrekkelig med oksygen og dermed gode livsbetingelser for mikroorganismer som er aktive i en aerob nedbrytningsprosess. De fleste mikroorganismer lever bra selv om O<sub>2</sub> konsentrasjonen kommer under 10%, og for så vidt også under 5%. Problemet er at når det måles lave O<sub>2</sub> konsentrasjoner i en storranke, er det et tegn på at oksygendistribusjonen til alle deler av avfallet (eller alle deler der det foregår aktivitet) kan være mangelfull. Dette gir en hemming av komposteringsprosessen.

Det er kjent fra komposteringslitteraturen og omtale av anlegg som driver med storrankekompostering at en prøver å holde oksygennivået over 10-12%. Noen anlegg styrer luftinnblåsing etter kontinuerlig oksygenmåling og prøver å holde oksygennivået over 16%.

Når det blåses luft inn i rankene, vil luften følge de største porene. Videre luftfordeling i hele kompostmassen er avhengig av at det finnes små luftfylte porer i kompostmassen hvor oksygen kan trenge inn, og CO<sub>2</sub> og andre nedbrytningsgasser komme ut. Dette krever at komposten har god struktur og ikke er for fuktig (nok luftfylte porer). Er komposten for fuktig, vil de små porene være fylt med vann og det vil ikke foregå noe effektiv luftutskiftning fordi diffusjonen av oksygen i vann går mye saktere enn i luft. Dette gjør at en må unngå å legge inn for fuktig råkompost. Vann er likevel essensielt for komposteringsprosessen, men det må ikke bli så mye at det fortrenger luften og hindre gjennomluftbarhet i komposten (Aasen og Lystad 2002).

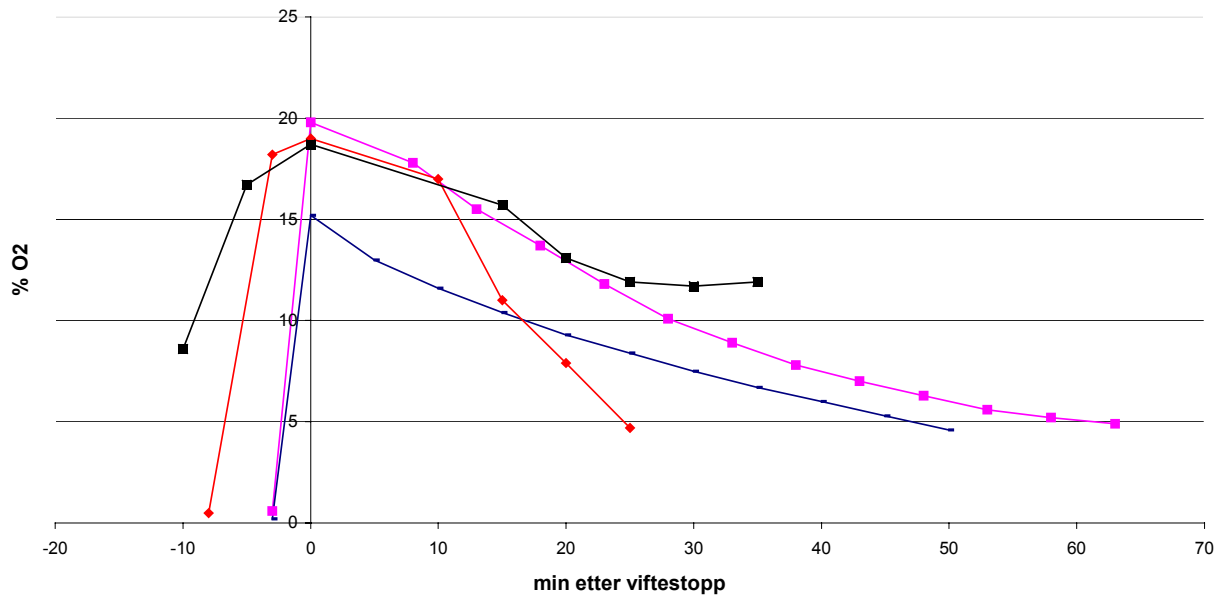
#### 4.1.1. Målinger av oksygeninnhold i rankene



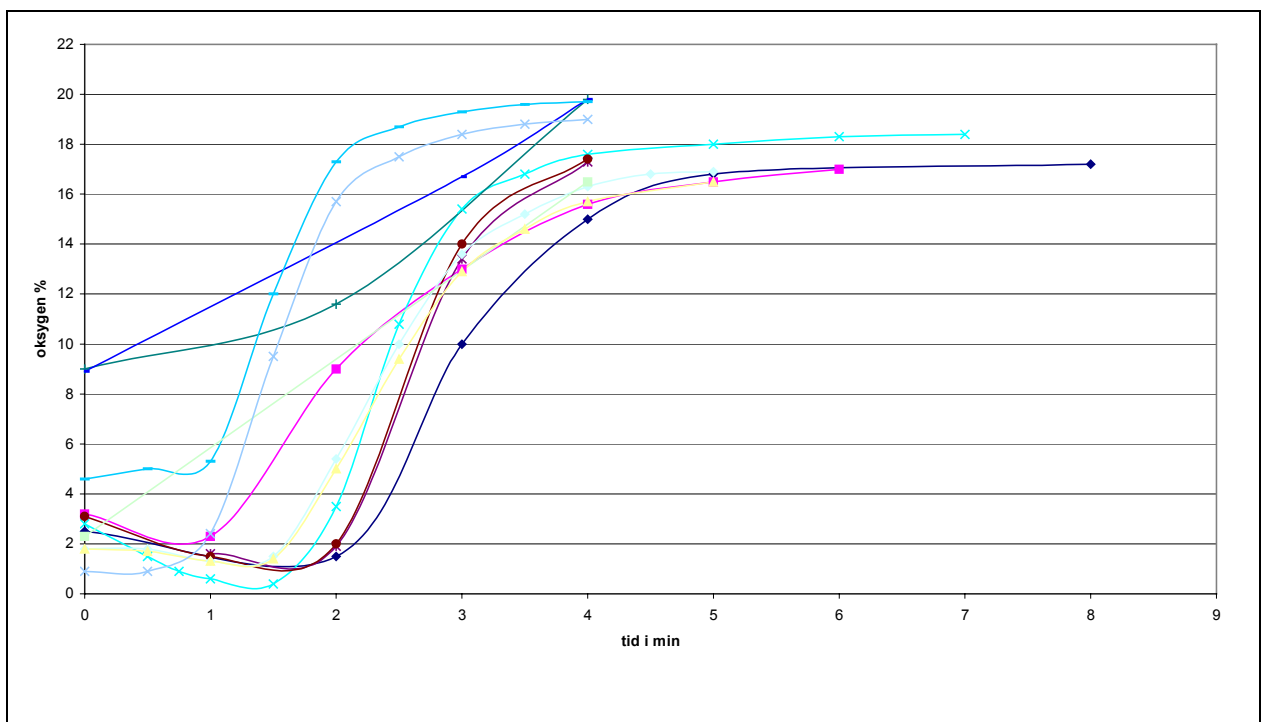
Bilde 7: L. M. Hjellseng på IRIS måler O<sub>2</sub>

I prosjektet har vi satt som mål at oksygeninnholdet i ranken til en hver tid skal ligge over 12%. Vi har jobbet med å finne optimal viftekjøring på flere av anleggene. For å få dette til er det gjennomført oksygenmålinger i flere storranke. Arbeidet er i hovedsak gjennomført på 3 av anleggene. Alle anleggene bruker vifter med kapasiteter som beskrevet under punkt 3.7. Til målingen er det benyttet et gassmåleinstrument type KM 800. Målingen er i stor grad gjennomført på toppen av ranken. I Hauge (2001) beskrives det at dersom en måler oksygen i siden på en storranke, vil en ofte måle høye verdier som følge av skorsteinseffekten, dvs at luft dras inn på siden og opp igjennom de ytterste 1-2 meterne av ytterkanten av storranken.

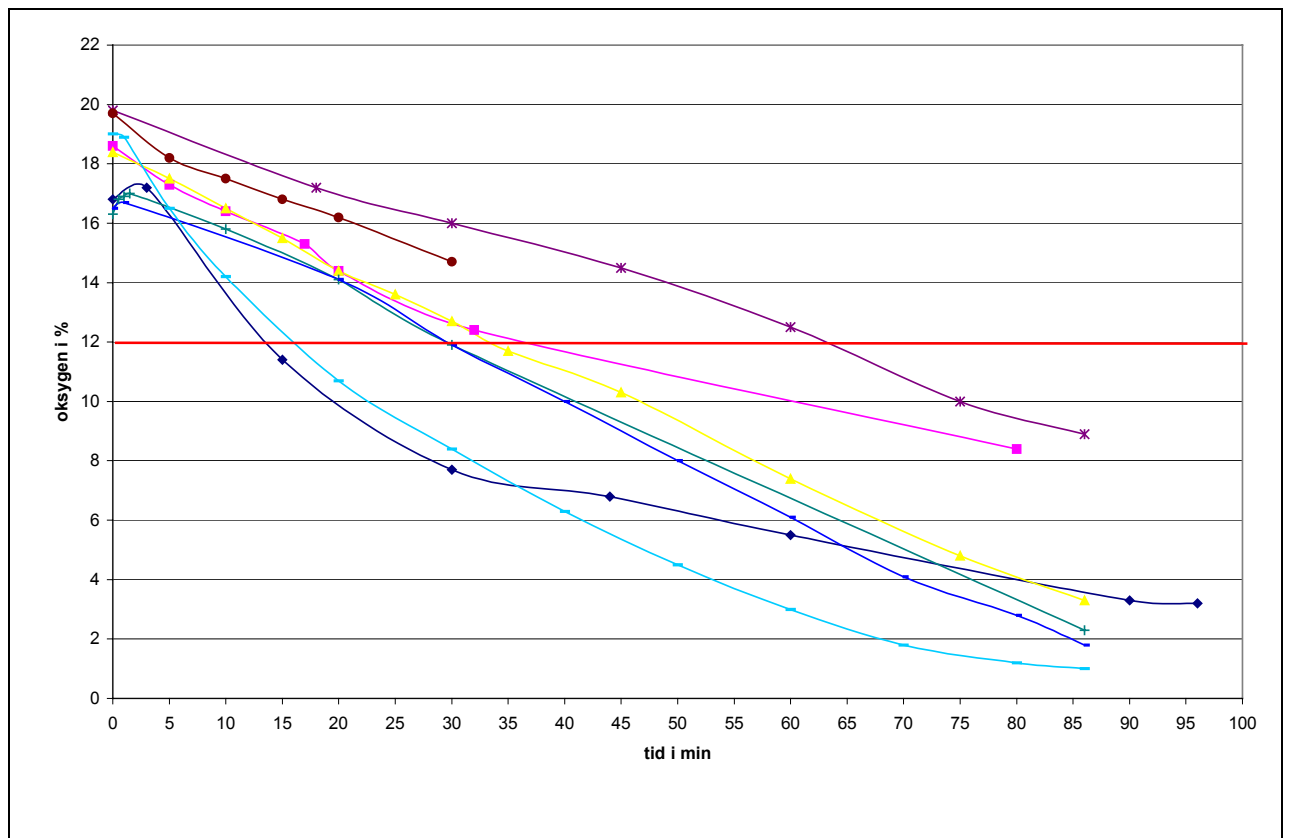
Å blåse eller suge luft kontinuerlig gjennom ranken er ikke aktuelt, da dette vil føre til en opptørking og nedkjøling av komposten. Intervallkjøring av viftene er derfor helt nødvendig.



Figur 1: Negative tall på x-aksen viser når viten startet og oksygeninnholdet i målepunktene leses av på y-aksen. 0-punktet på x-aksen er når viften stoppet. Videre følges hvordan oksygeninnholdet synker etter viftestans.



Figur 2: Figuren viser målinger av oksygen på forskjellige målepunkter i en storranke når viften går. Alle målepunktene er oppå ranken ca 0,5-1 meter ned i kompostmassen. Viftens startartidspunkt er 0-punktet på x-aksen. At oksygeninnholdet synker de 1-2 første minuttene etter at viften starter skyldes at oksygenfattig luft i ranken blåses opp.



Figur 3: Figuren viser oksygenmålinger i en storranke etter at viften har stoppet. Tid i minutter etter viftestopp er vist på x-aksen. Y-aksen viser oksygeninnholdet i prosent. Normal luft har ca 21% oksygen.

### **4.1.2. Lufttilførsel og lukt**

Erfaringer viser at storrankekompostering med utilstrekkelig luftutskiftning gir en mye mer luktsterk kompost ved videre håndtering. Dette luktbildet følger komposten langt ut i ettermodningsstadiet. Så lenge ranken ligger i ro, er det relativt liten luktagivelse. Sammenhengen mellom luktdannelse, lufttilførsel og prosess blir ikke diskutert her. Det vises til litteratur som omtaler dette, (Epstein 1997), Lystad (1998), Sørheim et al. (1999).

### **4.1.3. Anbefalinger om kjøring av vifter**

Viftekjøringen bør starte når råkomposten har begynt å få temperatur, gjerne når den har kommet i mesofil fase, dvs omkring 40°C. For anlegg som bygger storranken over mange uker bør viftekjøringen starte før ranken er ferdig bygget. Dette for å unngå lange perioder med anaerobe forhold. Basert på målinger i ranker som er i aktiv fase, anbefaler vi viftekjøring i 3-5 minutter hver 15-30 min. Sjeldnere kjøring anbefales ikke. Oksygenforbruket er størst tidlig i komposteringsprosessen, og en bør derfor vurdere en noe hyppigere viftekjøring tidlig i prosessen. Dette vil også være nyttig for å få fjernet mest mulig overskuddsvann i form av damp. Faren med å kjøre viften for mye er at kompostmassen tørkes for raskt og komposten blir tørrstabilisert. Våre observasjoner om viftekjøring passer godt overens med Epstein (1997) sine anbefalinger. Han sier at oksygeninnholdet i statiske ranker synker til lave oksygenverdier i løpet av 20 minutter, og at intervallet mellom viftekjøringen bør være omkring 15 minutter. De fleste anleggene har i nå rutine på å kjører viftene innen for det anbefalte området.

Erfaringer fra flere av anleggene er at etter at optimalisering av viftekjøring er gjennomført så går komposteringen raskere, ranken er bedre omdannet, og massen preges av at omdanningen stort sett har foregått under aerobe forhold.

## 5. Dokumentasjon av kompostkvalitet og temperaturforløp

---

Storrankekompostering er en lavteknologimetode for kompostering av blant annet våtorganisk avfall, som krever små investeringer i forhold til andre komposteringsløsninger. På lik linje med andre komposteringsløsninger, er det nødvendig å dokumentere at komposteringsprosessen gjennomføres på en tilfredstillende måte. Ved å foreta analyser og målinger, bygger vi opp grunnlag for å analysere og vurdere om storrankekompostering gir tilfredstillende resultat mht prosess, hygienisering og tilfredstillende kvalitet på sluttproduktet. Det er også behov for å avklare hvilke data som må samles inn for å tilfredstille dagens og morgendagens myndighetskrav.

### 5.1. Hygienisering

For å sikre hygienisering er det nødvendig at hele kompostmassen utsettes for tilstrekkelig temperatur over en tilstrekkelig tid. For storrankekompostering ble de for prosjektet satt følgende mål: Komposteringsprosessen skal gjennomføres: i et termofilt temperaturområde med høy biologisk aktivitet og med gode forhold mht næring, fuktighet struktur og luftutveksling.

I Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 1774/2002 af 3. oktober 2002 om sunnhetsbestemmelser for animalske biprodukter, som ikke er bestemt til konsum er det forslag om at alt kategori 3 avfall skal være eksponert for minimum 70°C i minimum 1 time. Kildesortert matavfall fra privat- og storhusholdninger regnes som animalske biprodukter, men i forordningen er det gitt unntak for dette ved behandling av matavfall fra husholdninger og storhusholdninger. For denne type avfall vil nasjonale krav kunne gjelde inntil EU bestemmer felles krav for slik behandling (ref. Biowaste-direktivet). Det forventes en avklaring på dette i løpet av våren 2003.

Christensen et. al. (2002) gjennomførte en fullskala undersøkelse på 16 nordiske komposteringsanlegg for å vurdere noen utvalgte metoder for bestemmelse av komposten hygieniske kvalitet. På bakgrunn av dette arbeidet kom de med følgende anbefalinger for temperaturkrav for å kunne gi tilfredstillende hygienisering:

Mer enn 5 timer med 70°C eller høyere, Mer enn 2 dager med 65°C eller høyere, 4 dager med 60 eller 55°C. Temperaturen skal være målt 30 cm under overflaten etter hver av 5 vendinger av massen.

For lukkede anlegg foreslås de samme temperaturkravene, men kravet skal gjelde for hele massen.

Prosjektgruppen har, etter at rapporten ble gitt ut, utalt at de betrakter kompostering i storranke som dekkes med et tilstrekkelig lag med biofilter (20-40 cm) som "lukket" behandling, og mener med det at det stilles samme krav til dokumentasjon av hygienisering og hygienisk kvalitet som for lukkede anlegg (E. Nordgaard pers.med.).

Den hygieniske kvaliteten foreslås av Christensen et. al (2002) dokumentert ved mikrobiologiske analyser:

- *Salmonella* skal ikke være til stede i den ferdige komposten.
- Sluttproduktet fra rankeanlegg, som har vært igjennom en stabiliseringsfase skal ha  $E.coli < 100$  (CFU  $g^{-1}$  våt vekt)<sup>2</sup>. Komposten kan brukes uten begrensinger.
- $E.coli < 1000$  CFU  $g^{-1}$  våt vekt). Kan brukes i jordbruket til vekster som ikke konsumeres rå og til revegetering/landskapspleie.

---

<sup>2</sup> CFU= Colony forming units, på norsk blir det "kolonidannende enheter".

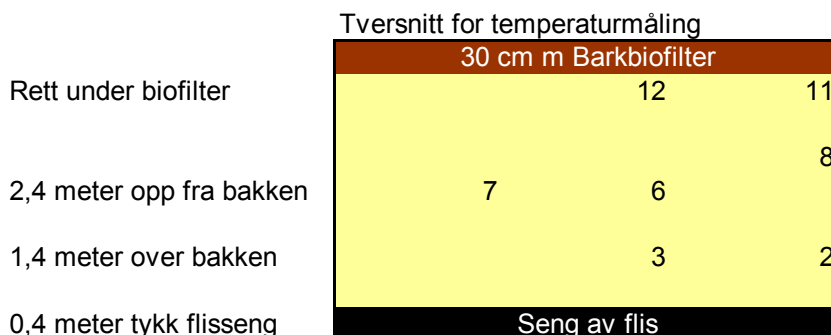
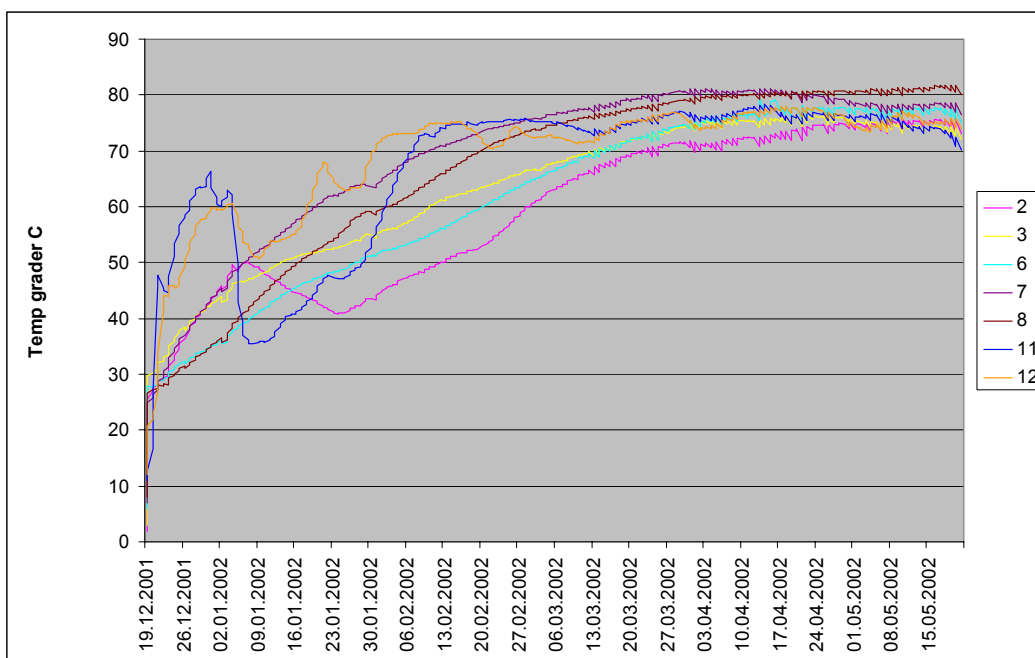
Det foreslås samme krav for lukkede anlegg, men i tillegg foreslås det at konsentrasjonen av *Enterococcus* etter termofil behandling skal være  $<100 \text{ CFU g}^{-1}$  våt vekt. Prøvene må tas ut like etter at en definerer hygieniseringsfasen (termofil behandling) er avsluttet. Prøven analyseres etter NMKL-68,2.

Dagens krav til hygienisk kvalitet på kompost er bestemt i gjødselvereforskriften. Den konsentrerer seg om dokumentasjon av sluttproduktet, mao omsetningsklare kompost. Gjødselvereforskriften stiller følgende hygieniske krav uavhengig av behandlingsmåte:

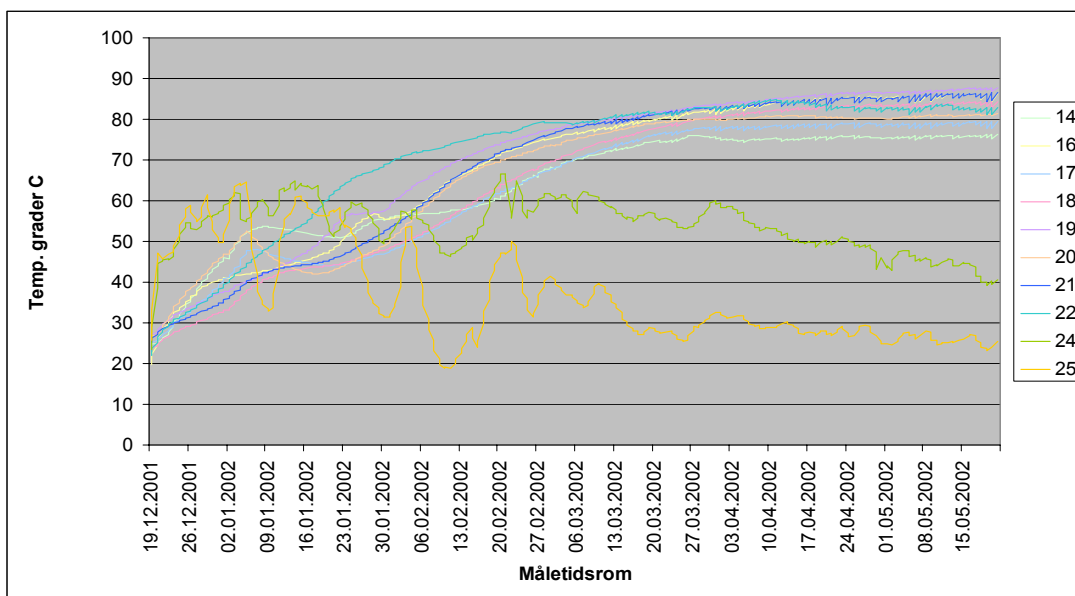
- *E. coli*  $<2500$  pr. gram tørrstoff, dvs ca 1200 ( $\text{CFU g}^{-1}$  våt vekt) for kompost med tørrstoffinnhold på 50% o
- at *salmonella* eller parasittegg ikke skal være påvist.

### 5.1.1. Temperaturmålinger i storranke - dokumentasjon av temperaturforløp

For å kartlegge hvordan temperaturen i storranken utvikler seg i løpet av behandlingstiden ble det gjennomført en del registreringer hvor temperaturen fra flere faste målepunkter ble logget kontinuerlig. Resultatene fra noen av målingen er vist i figur 4 og 5.



Figur 4: Tversnitt for temperaturmåling i storranke og skisse over plassering av målepunktene. Figuren viser at temperaturen langsomt stiger og at alle målepunktene til slutt kommer over  $70^{\circ}\text{C}$ .



Tversnitt 2 for temperaturmåling

	30 cm m Barkbiofilter		
Rett under biofilter	25	24	
3,4 meter over bakken	22	21	20
2,4 meter opp fra bakken	19	18	17
1,4 meter over bakken		16	14
0,4 meter tykk flisseng	Seng av flis		

Figur 5: Tversnitt for temperaturmåling i storranke og skisse over plassering av målepunktene. Målingene er fra samme ranke som figur 4 men tversnittet er plassert ca 8 meter fra tversnittet i figur 4. Figuren viser at temperaturen langsomt stiger og at alle målepunktene til slutt kommer over 70°C med unntak av målepunkt 24 og 25. Her raste mye av barkbiofilteret av, og målepunktet ble liggende 2-5 cm ned i kompostmassen uten annen overdekning.

Figur 4 og 5 viser at temperaturkravene til hygienisering som det er referert til i under punkt 5.1 er oppnådd i all kompostmassen med unntak av to målepunkter (24 og 25) i tversnitt 2. Dette skyldes mest sannsynlig at der er lagt over for lite dekkmasse, slik at det ytterste laget av kompost ikke har oppnådd høy nok temperatur ved at den har blitt nedkjølt.

Andre temperaturmålinger som er gjort viser at temperaturforløpet er forskjellig fra målepunkt til målepunkt, og at forskjellen i perioder kan være opp mot 20 grader C°. Denne temperaturforskjellen kan oppstå innen for små avstander. Faste representative målepunkter er derfor nødvendig for å kunne dokumentere temperaturforløpet i en storranke. Målingen bør gjennomføres fra ranken er ferdig bygget og hele perioden ut. Ranken hvor temperaturen har vært automatisk logget viser at det er svært liten temperaturvariasjon fra dag til dag. For storranke med liggetid på 12-15 uker kan det være tilstrekkelig å måle temperaturen 1-2 ganger i uken. Ved kortere behandlingstid/opholdstid må målehyppigheten økes. Det er viktig med faste punkter hvor målingene gjennomføres. Dette kan gjøres ved at det settes ned permanente temperatursonder.

For å oppnå tilstrekkelig temperatur i ytterkant av komposten bør det alltid benyttes et dekklag/biofilter på minimum 20 cm.

Flere av anleggene har tidvis svært høye temperaturer i deler av rankene I følge Epstein (1997) indikerer flere undersøkelser at optimal temperatur for aerob kompostering ligger i området 50°-60°C. Haug (1993) sier også at 50°-60°C i grove trekk det optimale temperaturområde for termofile mikroorganismer som er aktive i komposteringen. En videre økning i temperaturen vil sette ned den biologiske aktiviteten. Dødelig grense for mikrofloraen som er aktiv i komposteringsprosessen er omkring 80°C (Buggeln og Rynk 2002). Når temperaturen kommer over ca 80°C, og i noen tilfeller til og med før det, vil nedbrytningen av organisk stoff være abiotisk, dvs at nedbrytningen skjer via direkte kjemisk oksidasjon eller ved at varmen i seg selv bryter ned organisk stoff. Noen av disse prosessen gir videre varmeutvikling. Når temperaturen nærmer seg 90°C bør en være på vakt mot selvantennning i komposten. Dette har forekommet på 2 av anleggene, hvor det har brutt ut brann i komposten. Selvantennning i kompost er godt beskrevet av Buggeln og Rynk (2002).

### 5.1.2. Hygienisk kvalitet på komposten

Det er gjennomført en rekke mikrobiologiske analyser av komposten fra flere av anleggene.

Tabell1. Kompostprøver analysert for TKB, E.coli og Enterokokker. Alle verdier er relatert i våtvekt.

Prøvedato	Prøve nr.	Produkt	Temp °C (ved prøveuttak)	Koliforme bakterier 44 °C (NMKL 125)	E. coli (pres) (NMKL 125)	Enterokokker (Fækale strept.) (NMKL 68)
18.09.2002	1	Ranke 11	73	< 10 /g	< 10 /g	< 1500 /g
18.09.2002	2	Ranke 11	58	< 10 /g	< 10 /g	< 1400 /g
18.09.2002	3	Ranke 11	omgivelse	20 /g	20 /g	7600 /g
18.09.2002	4	Ferdig kompost	38	180 /g	180 /g	ingen analyse
18.09.2002	5	Ferdig kompost	28,5	180 /g	180 /g	ingen analyse
18.09.2002	6	Ferdig kompost	68	< 10 /g	< 10 /g	ingen analyse
18.09.2002	7	jordblanding	omgivelse	200 /g	200 /g	ingen analyse
18.09.2002	8	jordblanding	omgivelse	130 /g	130 /g	ingen analyse
04.11.2002	9	Ranke 12	57	< 10 /g	< 10 /g	900 /g
04.11.2002	10	Ranke 12	54,6	< 10 /g	< 10 /g	200 /g
04.11.2002	11	Ranke 12	17	10 /g	10 /g	15 000 /g
04.11.2002	12	Ferdig kompost	32,6	< 10 /g	< 10 /g	> 30 000 /g
04.11.2002	13	Ferdig kompost	33,4	< 10 /g	< 10 /g	> 30 000 /g
04.11.2002	14	jordblanding	omgivelse	60 /g	30 /g	400 /g
04.11.2002	15	jordblanding	omgivelse	40 /g	40 /g	300 /g

Tabell 2. Kompostprøver analysert for TKB, E. coli og Enterokokker. Alle verdier er relatert til våtvekt.

prøve nr	Ranke	Prøvested	Temp °C på prøvested	Koliforme (NMKL 125)	E. coli (NMKL 125)	Enterokokker (NMKL 68)
1	03 2002	Siktehaug rett fra båndet	50	>30 000	<10	4000
2	03 2002	Lakt i haug for 1 uke siden	65	<10		4000
3	03 2002	Lakt i ranke 2 uker siden	63	<10		
4	03 2002	Siktehaug rett fra båndet	50	<10		15 000
5		Siktehaug rett fra båndet	50	<10		9000
6	03 2002	Ranke til ettermodning, østende	62	<10		
7	03 2002	Ranke til ettermodning vestenden	60	<10		
8	03 2002	Ranke til ettermodning midten.	58	<10		
9	blanding	Midt oppå		<10		
10	blanding	bal til høyre		<10		
11	blanding	bak til venstre		<10		
12	blanding	venstre kant		<10		

Vedlegg 2 viser et registreringsopplegg som er benyttet for prøver som tas ut for hygienisk kvalitet på komposten slik det gjennomføres på et av anleggene.

Av alle prøvene som til nå er tatt ut er det ingen som viser verdier av *E. coli* over 1000 CFU g<sup>-1</sup> våtvekt kompost. Prøve 1 viser et høyt innhold av TKB men dette er ikke *E. coli*. Det kan være høye TKB verdier i kompost som ikke er *e.coli*. Dette er omtalt av Christensen et. al. (2002). Det er ikke registrert at noen av anleggene har hatt tilfeller hvor *Salmonella* har forekommet i den ferdige komposten.

Det kjennes til at kompost som like etter dokumentasjon på hygieniseringstrinnet har hatt lave verdier av TKB og *E.coli*, i løpet av ettermodningsstadiet har fått en oppblomstring av bakterier. Det vil være nødvendig å ta ut flere prøver over litt tid, for å se om dette er en aktuell problemstilling på storrankeanleggene. Så langt viser undersøkelsene at kompost fra storrankeanlegg har god hygienisk kvalitet, og tilfredstiller dagen nasjonale krav til hygienisk kvalitet på kompost.

## 5.2. Kjemisk kvalitet på komposten

Gjødselverforskriften deler kompost inn i klasse I, II og III etter tungmetallinnhold. Det er bruksbegrensinger ut ifra hvilke klasse komposten havner i. Tabell 2 viser klasse inndelingen som benyttes. Her er også tatt med en klasse 0 som er de verdier som gjelder dersom komposten skal kunne brukes i økologisk jordbruk.

Det foreligger flere kjemiske analyser av komposten fra alle anleggene. Disse viser at anleggene i all hovedsak produserer kompost i klasse I og II. Fra noen av anleggene har det forekommet analyser som har vist kompost i klasse III.

Tabell 2. Gjødselverforskriftens klasseinndeling av kompost på bakgrunn av tungmetallinnholdet i komposten.

<b>Kvalitetsklasser (milligram/kg TS)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Debio</b>
Sink	400	800	1500	150
Kobber	150	650	1000	50
Nikkel	30	50	80	20
Krom	60	100	150	50
Kadmium	0,8	2	5	0,4
Bly	60	80	200	40
Kvikksølv	0,6	3	5	0,2

Kjemiske analyser av kompost i fra anleggene viser at 3 anlegg i hovedsak produserer kompost i klasse II og 2 anlegg produserer kompost i klasse I. Det mangler kjemiske analyser av kompost fra et av anleggene. Grunnen til at komposten havner i klasse II er først og fremst for høyt sinkinnhold, men også klasse II verdier av kadmium, krom og kobber, enten sammen eller aleine. Grunnen til at komposten havner i klasse II er trolig bruk av oppmalt trevirke som strukturmateriale, og at dette ikke er helt reint for forurensing (trykkimpregnert, bord med malingsrester, sponplater med mer).

Sammenhengen mellom kvalitet på det våtorganiske avfallet, strukturmateriale og den kjemiske kvaliteten på komposten blir grundig diskutert i Jordforsk rapport 57/02 av Amundsen, Lystad og Vethe (2002).<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Denne rapporten er tilgjengelig på [www.jordforsk.no](http://www.jordforsk.no)

### 5.3. Internkontroll og kvalitetssikring

Landbruksdepartementet innførte 2.1 1998 endringer i gjødselvarerforskriften som påla virksomheter som omfattes av denne forskriften å innføre og utøve internkontroll. Myndigheten mente at innføring av krav til internkontroll ville synliggjøre bedriftens eget ansvar for kvalitet på egne produkter. For komposteringsanlegg betyr dette at de må kunne dokumentere at det er etablert rutiner og tiltak som gir tilstrekkelig sikkerhet for at gjødselvarerforskriften etterleves. Utgangspunktet for internkontroll på et komposteringsanlegg er mao et myndighetskrav i forskrift om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler m.v. Det er ingen tvil om at anleggene selv har stor nytte av et godt internkontrollsystem.

Risikokartlegging er i følge Landbrukstilsynet et sentralt krav i etablering av internkontroll (Landbrukstilsynet 1998). Det menes her risiko for overtredelse av gjødselvareregelverket og mener derfor at sentrale punkter i en slik kartlegging blir:

- Hvilke krav i forskriften må vi forholde oss til
- Hvilke har vi størst problemer med
- Hvor er det størst sannsynlighet for overtredelse
- Rutiner skal sørge for at risiko reduseres og forskriftskravene overholdes.
- Internkontrollsystemet eller kvalitetssystem skal være levende og i kontinuerlig utvikling.

Samtlige av anleggene har startet på arbeidet med utarbeidelse/oppdatering av egen driftsinstruks. Det er varierende fra anlegg til anlegg hvor langt de har kommet med arbeidet, men samtlige anlegg har gjennom prosjektet fått utarbeidet en mal som det kan jobbes etter. Noen av anleggene anser seg som nesten i mål med dette arbeidet, dvs at rammen er gjort ferdig. Gjennom prosjektet har vi synliggjort at arbeidet med driftsinstruks og kvalitetssikring er en kontinuerlig prosess som krever oppfølging. Målet for anleggene er ofte det å få dokumentene på plass, men kanskje viktigere er selve prosessen. Her er det viktig at de som blir berørt av internkontrollen som utarbeides også er aktive i utformingen av den, og kan få et eierforhold til arbeidet de er med på.

Det vil det stadig komme nye ting som må innarbeides i internkontroll og driftsinstruks til et komposteringsanlegg. Dette med risikokartlegging og risikovurdering kommer til å bli viktigere.

## 6. Oppsummerende vurderinger og anbefalinger

---

Kompostering av matavfall i storranke med kontrollert lufting har de samme prosesskrav som annen komposteringsteknologi, og det gjelder å tilrettelegge for best mulige forhold for en effektiv og god komposteringsprosess. Prosessen må kunne gjennomføres slik at en sikrer kvaliteten på sluttproduktet, samtidig som en unngår luktsjenanse og andre negative miljøpåvirkninger. Dette kan kun gjøres om en har forståelse for grunnleggende prinsipper om hva som må til for å få komposteringen til å forløpe best mulig.

God drift av et storrankekomposteringsanlegg krever at det investeres i tilstrekkelig med tilrettelagt areal og nødvendig teknisk utstyr. Dette er avgjørende for å kunne gjennomføre de arbeidsoperasjonene som er nødvendig for å drifte anlegget på en god måte.

Felles for de fleste av anleggene i dette prosjektet er at det er foretatt investeringer til følgende utstyr og tilrettelegginger:

- ◆ overbygd mottaksområde med tilstrekkelig kapasitet,
- ◆ utstyr og areal for blanding av struktur og matavfall,
- ◆ tilstrekkelig med asfaltert flate,
- ◆ hjullaster(e),
- ◆ sikteverk,
- ◆ vifter med tilstrekkelig kapasitet.

Dette er investeringer som må være på plass før anlegget tas i bruk. Anlegg som har begynt med mottak av avfall og drevet med kompostering samtidig som anlegget har vært under utbygging, har ofte hatt betydelige driftsproblemer, inkludert luktsjenanse i nabolaget. Typer og dimensjonering av maskinelt og teknisk utstyr er i liten grad omtalt i denne rapporten. Det vises til det enkelte anlegg og de erfaringer som er gjort, og at utstyret må tilpasses det enkelte anleggets utforming og driftsopplegg.

Drift av et storrankeanlegg krever at de som jobber på anlegget har forståelse for hvordan den praktiske driften av anlegget påvirker komposteringsprosessen, og til slutt kvaliteten på det ferdige produktet. Eksempler på dette er vurderinger av hvor mye strukturmateriale som til en hver tid skal blandes inn i matavfallet, kjøring av vifter, hvordan rankene bygges, renhold osv. Mye av dette er praktiske vurderinger som bør være forankret i kunnskap og erfaringer, og som må innarbeides som driftsrutiner og beskrives i driftsinstruksen. Dette har det vært jobbet en god del med på det enkelte anlegg.

Slik anleggene i dag drives, tilfredsstillende de alle dagens nasjonale krav mht til prosessgjennomføring og har vist seg å gi tilfredsstillende kvalitet på sluttproduktet når det gjelder kjemisk og hygienisk kvalitet. Det kan imidlertid ligge en betydelig utfordring i det å kunne tilfredsstille evt fremtidige krav til hvordan prosess og dokumentasjon skal gjennomføres. For storrankeanlegg vil det være nødvendig å diskutere hvordan og når i behandlingsprosessen at hygieniseringen skal dokumenteres. Våre målinger og undersøkelser i dette prosjektet viser at det gjennom store deler av prosessen er prosessforhold som gir hygienisering gitt at rankene bygges med nok dekkmasse. Prosjektet har ikke avdekket andre forhold som tilsier at storrankekompostering av våtorganisk avfall er en dårligere behandlingsmåte enn andre komposteringsløsninger.

Prosjektet har likevel synliggjort for anleggene at det ligger forbedringspotensialer innenfor anleggenes nåværende driftsopplegg, og for noen av anleggene har prosjektet gitt betydelige forbedringer av driftsopplegget, internkontroll og prosessedokumentasjon. Det har også blitt etablert et nettverk mellom anleggene som fungerer godt som arena for fag- og erfaringsutveksling mellom ansatte på anleggene.

## 7. Referanser

---

- K.K. Christensen, M. Carlsbæk, E. Norgaard, K. H. Warberg, O. Venelampi & M. Brøgger (in print): Supervision of sanitary quality of composting in the Nordic countries. Evaluation of 16 full scale facilities. TemaNord 2002 567 Nordic Concil of Ministers, Copenhagen.
- A. Hauge. Storrankekompostering ved IRIS' anlegg i Bodø. Erfaring med mekanisk lufting og biofilter. Jordforskrapport 104/2002. 19 s.
- RVF Rapport 01:18. Undersökning av luktreduserande system och deras effekter i storskaliga biogas-och komposteringsanläggningar i Europa. 44 s.
- Sørheim, R., H. Lystad og O. Molland. Prosesser ved kompostering av matavfall. Litteraturoversikt. Jordforsk rapport 60/99. 18 sider.
- Epstein, E. The Science of Composting. Lancaster, USA: Technomic Publising Company; 1997.
- Aasen, R. Og H. Lystad. Bruk av strukturmateriale i kompostering av våtorganisk avfall. Jordforsk rapport 26/02. 45 sider.
- Lystad, H., K. McKinnon, T. Henriksen, 2002, *Organisk avfall som gjødselvere i økologisk landbruk*, Jordforsk-rapport 72/02.
- Buggeln R. Og R. Rynk. Self-Heating In Yard Trimmings: Conditions Leading To Spontaneous Combustions. Cpmpost Scince & Utilization (2002) Vol 10, No 2. S 162-182.
- Amundsen C.E., H. Lystad og Ø. Vethe. Kilder til forurensninger i kompost. Kunnskapsstatus. Jordforsk rapport 69/02. 41 sider.
- Landbrukstilsynet 1998. Informasjon om innføring av internkontroll på gjødselvereområdet. Info fra Landbrukstilsynet. 6 sider. Finnes på:  
[http://www.landbrukstilsynet.no/dokument.cfm?m\\_id=75&d\\_id=54](http://www.landbrukstilsynet.no/dokument.cfm?m_id=75&d_id=54)

## 8. Vedlegg

---

### Oversikt over vedlegg

Nr Emne

---

- 1 Søppelsotering og telling
  - 2 Registreringer av hygienisk kvalitet på kompost
  - 3 Lukt
-

## Vedlegg 1

Matavfall 1	Kilo	%
<b>Total mengde i prøve :</b>	<b>562,72</b>	
<b>Til kompostering:</b>	<b>450,88</b>	<b>80,13 %</b>
<b>Til deponi:</b>	<b>111,84</b>	<b>19,87 %</b>
<b>Andel av organisk til kompostering:</b>		<b>92,70 %</b>
<b>Andel av organisk til deponi</b>		<b>7,30 %</b>
<b>Andel av søppel til kompostering:</b>		<b>22,89 %</b>
<b>Andel av søppel til deponi</b>		<b>77,11 %</b>
<b>Andel søppel i total prøve:</b>		<b>18,02 %</b>
<b>Til kompostering</b>		
<b>Samlet organisk:</b>	427,67	<b>94,85 %</b>
Organisk	420,88	
Papp og papir	6,79	
<b>Samlet søppel:</b>	23,21	<b>5,15 %</b>
Plast	8,23	
Metaller	0,38	
Bleier	11,84	
Annet	2,76	
<b>Til deponi:</b>		
<b>Samlet organisk:</b>	33,67	<b>30,11 %</b>
Organisk	27,48	
Papp og papir	6,19	
<b>Samlet søppel:</b>	78,17	<b>69,89 %</b>
Plast	5,84	
Metaller	0,41	
Bleier	69,55	
Annet	2,37	

Matavfall 2	Kilo	%
<b>Total mengde i prøve :</b>	<b>687,45</b>	
<b>Til kompostering:</b>	<b>444,36</b>	<b>64,64 %</b>
<b>Til deponi:</b>	<b>243,09</b>	<b>35,36 %</b>
<b>Andel av organisk til kompostering:</b>		<b>75,13 %</b>
<b>Andel av organisk til deponi:</b>		<b>24,87 %</b>
<b>Andel av søppel til kompostering:</b>		<b>17,73 %</b>
<b>Andel av søppel til deponi:</b>		<b>82,27 %</b>
<b>Andel søppel i total prøve:</b>		<b>18,28 %</b>
<b>Til kompostering</b>		
<b>Samlet organisk:</b>	422,08	<b>94,99 %</b>
Organisk	395,53	
Papp og papir	26,55	
<b>Samlet søppel:</b>	22,28	<b>5,01 %</b>
Plast	16,57	
Metaller	1,29	
Bleier	1,03	
Annet	3,39	
<b>Til deponi:</b>		
<b>Samlet organisk:</b>	139,71	<b>57,47 %</b>
Organisk	114,99	
Papp og papir	24,72	
<b>Samlet søppel:</b>	103,38	<b>42,53 %</b>
Plast	80,81	
Metaller	4,28	
Bleier	7,89	
Annet	10,4	

Registreringer er gjennomført av Jordforsk i samarbeid med avfallsselskap.

## Vedlegg 2 Registreringer av hygienisk kvalitet på kompost

**Type A.** Behandlingstrinn ranke/haug under tak.  
Det tas prøver fra haug/ranke som har lagt under tak når sikting starter.

**Prøve 1.**  
Der hvor hjullasteren har gravd seg inn i haugen tas det ut 15-20 spader med kompost tilfeldig i haugens snitt fra 0,3 meter over bakken og opp til 20 cm under overflaten. Velg kompost som er representativ.

**Prøve 2.**  
Tas fra bunn av ranken ned mot asfalt 15-20 plantespader med kompost legges i bøtten

**Prøve 3.**  
Tas fra rankens øvre skikt 20 cm og opp til overflaten 15-20 plantespader med kompost legges i bøtten.

**Prøve 4.**  
Det tas ut prøve av siktet kompost 15-20 små spader fordelt tilfeldig i haugen med nylig siktet kompost.

**Prøve 1-4 analyseres for *Enterococcus* etter NMKL 68,2.**

**Prøve 4 analyseres i tillegg for TKB etter NMKL 125.**

**Prøve av: ID 020502** (Midt i hall mot nord, lagret under tak ute etter solding,

**Type B.** **Behandlingstrinn ettermodning i haug.**

Det tas prøver av kompost som har lagt til ettermodning 14 dager etter sikting, 4 uker etter sikting der etter hver 4 uke helt fram til at komposten omsettes.

**Prøve 1.**  
Tas 0,5 meter inn i haugen. Det lages 10 ”hull” for prøveuttak

**Prøve 2.**  
Tas fra hugens overflate ned til ca 5-10 cm. Det tas 10 plantespader fordelt over hele haugens overflate

**Prøve 3.**  
Tas ned mot bakken/asfaltkanten. Det tas 10 plantespader fordelt over rankens yterkanter ned mot bakken gjerne 30-50 cm inn i haugen.

Dersom det er mulig kan prøvetaking av haugene gjerne gjøres i forbindelse med flytting/graving i haugene. Det vil da være mulig å ta prøver etter samme mønster som beskrevet for ”kompost under tak”.

-event. justering av prøvedato klareres med Su-NMT tlf. 53403120...

Prøve type	Type A	Type B	Type B	Type B	Type B	Type B	Type B	Type B	Type B	Type B
1	10.09.02	24.09.02	22.10.02	19.11.02	17.12.02					
2	10.09.02	24.09.02	22.10.02	19.11.02	17.12.02					
3	10.09.02	24.09.02	22.10.02	19.11.02	17.12.02					
4	10.09.02	<b>Merknad:</b>								
D 200202	01.10.02	Orio –ranken, lagret inntil vegg mot øst.								
ID 010602-V		Lagret midt og sør i hall, midt og vestside ranke (mot blandepl.) Tas ved solding av denne identiteten...!!								

**ANALYSERESULTAT:**

ID	Prøvedato	A –prøver					B –prøver			Merknad
		1	2	3	4		1	2	3	
		<i>Ent.</i>	Ent.	Ent.	Ent.	TKB	TKB	TKB	TKB	
020502	10.09.02	<100	<100	1000	<100	<10				
	25.09.02						<10	<10	<10	
	22.10.02						400	<10	<10	
	19.11.02									
	17.12.02									
200202	08.10.02	<100	<100	700	11000	<10				Orioranka
	12.11.02				<100	<10				
010602 -V										
010602 -Ø										

**Prøve av:** ID 020502 (Midt i hall mot nord, lagret under tak ute etter solding,

Prøve type	Type A	Type B	Type B	Type B	Type B	Type B	Type B	Type B	Type B	Type B
1	10.09.02	24.09.02	22.10.02	19.11.02	17.12.02					
2	10.09.02	24.09.02	22.10.02	19.11.02	17.12.02					
3	10.09.02	24.09.02	22.10.02	19.11.02	17.12.02					
4	10.09.02	<b>Merknad:</b>								
ID 200202	01.10.02	Orio –ranken, lagret inntil vegg mot øst.								
ID 010602-V		Lagret midt og sør i hall, midt og vestsida ranke (mot blandepl.) Tas ved solding av denne identiteten...!!								
ID 010602-Ø		" " " " " " " " ( fra blandepl.) - " - - " -								

Svartasmoget den 2002.09.11/Tore Sv.

### **ANALYSERESULTAT:**

ID	Prøvedato	A –prøver				B –prøver			Merknad
		1	2	3	4	1	2	3	
		<i>Ent.</i>	Ent.	Ent.	Ent.	TKB	TKB	TKB	
020502	10.09.02	<100	<100	1000	<100	<10			
	25.09.02						<10	<10	<10
	22.10.02						400	<10	<10
	19.11.02								
	17.12.02								

200202	08.10.02	<100	<100	700	11000	<10				Orioranka
	12.11.02				<100	<10				
010602										
-V										
010602										
-Ø										

## Vedlegg 3

### LUKTEMISJONER

#### Hva er lukt?

Lukt er en subjektiv parameter som kan defineres som følger:

”Lukt er kjemiske stoffers eller stoffgruppers egenskap til å aktivere luktesansene avhengig av deres konsentrasjon og dermed utløse et luktinstrykk”. (Winneke 1994)

Det finnes ingen entydige kjemiske eller fysiske kjennetegn for luktsterke stoffer. Felles for de fleste er imidlertid følgende egenskaper:

- lav molekylvekt
- flyktighet
- vannløselighet/
- fettløslighet
- karakteristiske funksjonelle grupper og strukturer

Hvordan luktinstrykket oppleves, behagelig eller ubehagelig, er i stor grad avhengig av fortrolighet og assosiasjoner med andre inntrykk. Fremmede lukter oppfattes ofte som ubehagelige, mens kjente lukter som forbindes med en behagelig situasjon oppfattes som behagelige. (Jager and Kuchta 1993)

Så lenge luktemitterende stoffer ikke er toksiske er ikke lukten direkte helseskadelig. Gjennom de subjektive luktinstrykkende kan lukten derimot påvirke vår velvære eller vår psykiske tilstand. WHO definerer psykisk og sosial velvære også som en del av en god helse. (Nithammer 1995).

Lukt fra komposteringsanlegg oppfattes som ubehagelig og slike luktplager i et boligområde blir ofte møtt med sterke reaksjoner. For å beholde aksepten i befolkningen som et komposteringsanlegg er avhengig av, er det derfor svært viktig at eventuell lukt ikke får spre seg til områder hvor mennesker bor.

#### Hvordan oppstår lukt ved kompostering?

Allerede ved innsamling av bioavfallet i husholdningen og i beholdere ute kan lukt oppstå. Dette henger sammen med at nedbrytningsprosessen starter umiddelbart. Luktemisjonen fra innsamlingsbeholdere (containere) er avhengig av utetemperaturen, hentefrekvensen og type beholder. Undersøkelser har delvis kunnet påvise at luktemisjonen fra lukkede beholdere (uten åpning for tilførsel av luft) er større enn fra luftete beholdere. Ved gjennomlufting tørker materialet ut, og nedbrytningen foregår mer aerobt. På den annen side innebærer åpne beholdere en større risiko for insekter i den varme årstiden.

Nedenstående Tabell 4.1 gir en oversikt over de forskjellige prosessfasene ved kompostering og deres karakteristiske luktkomponenter og luktinstrykk. Bakgrunnen for luktemisjonene kan beskrives ut fra tre-fire faser. Nedenstående oversikt er et sammendrag fra to tyske rapporter om lukt (Kuchta 1994)/(Nithammer 1995). Lukten fra kildesorteringen i husholdningene og transporten hører naturlig inn under første fase i denne oversikten. Den mesofile startfasen

Ved innsamling, transport, mottak og forbehandling av avfallet samt ved komposteringens første fase, dominerer den typiske ”søppellukten”. Denne karakteristiske lukten preges av stoffer som finnes i avfallet, for eksempel limoner, terpener o.a., og av en rekke biogene luktkomponenter, mellomprodukter av anaerobe nedbrytningsprosesser, som dannes allerede i kjøkkenskapet. I startfasen av komposteringen inneholder avfallet en stor andel lett nedbrytelige organiske stoffer. Disse brytes ned av mesofile mikroorganismer under forbruk av oksygen. Det tilgjengelige oksygenet blir fort brukt opp og diffusjonen fra omgivelsen er kun tilstrekkelig til å opprettholde en aerob likevekt i avfallsmaterialets ytterkanter. Lenger inn i avfallet overtar anaerobe prosesser.

Ved hjelp av aktiv lufting av komposten økes riktignok oksygentilførselen, dette fører imidlertid samtidig til at flyktige stoffer drives ut av komposten.

## Selvoppvarmingsfasen

På grunn av den etter hvert høye biologiske aktiviteten stiger temperaturen. Mesofile mikroorganismer erstattes av termofile. Den høye temperaturen fører til at mindre flyktige biogene luktkomponenter emitteres. Som følge av utilstrekkelig oksygentilgjengelighet dominerer anaerobe nedbrytningsprosesser, og metabolitter som dannes i overgangene mellom aerob og anaerob fase, preger i stadig større omfang luktemisjonen.

Selv med en aktiv lufting av komposten, kan metabolittene fra de anaerobe fasene ikke unngås helt. Bioavfallet danner et tre-fase-system mellom fast stoff, væske og gass.

Overgangen og diffusjonen av oksygen fra gassfasen til væskefasen er den begrensende faktoren. Siden bioavfallet fortsatt inneholder store mengder lett-nedbrytbare stoffer, forbrukes oksygenet allerede i det ytterste grensesjiktet av vannfasen. I de indre lagene dominerer fakulativt-anaerobe mikroorganismer.

I ubeluftete rankekomposteringsanlegg (passiv lufting) kan den store aktiviteten føre til at oksygenet ikke når ned til midten av ranken. Her innstilles en salgs aerob-anaerob likevekt, hvor de anaerobe stoffskifte-produktene fra rankens indre nedbrytes av mikrofloraen i rankens ytre (dette medfører en lavere aktivitet). Når denne likevekten forstyrres, for eksempel ved at ranken vendes, blir stoffskifte-produktene frigjort direkte og kan føre til betydelige luktemisjoner.

Fra disse to fasene er fettsyrer, alkoholer og estere karakteristiske luktkomponenter og disse danner hovedvekten i luktemisjonen.

### Den termofile fase

Med tiden reduseres mengden av de lett nedbrytbare utgangsstoffene i bioavfallet.

Tilsvarende synker emisjonsnivået. På den annen side fører de høye temperaturene til at en rekke karakteristiske abiogene luktkomponenter frigjøres. Svovelforbindelser dominerer luktbildet.

Ved kjemiske reaksjoner dannes nå nye stoffer av det organiske utgangsmaterialet og metabolittene, størsteparten ikke-flyktige humusstoffer. Enkelte stoffer (pyrolyse-, autooksidasjons- og Maillardprodukter) er imidlertid flyktige og har en lav luktterskel. Som eksempel kan nevnes stoffet 3-Hydro-4,5-dimetyl-2(5H)-furanon (HDMF) som kjennetegner den typiske varmkompostlukten og dannes mest ved pH rundt 6,5 og ved temperaturer opp mot 80°C. Et annet eksempel er dimetylsulfid som diskuteres brukt som indikator for lukt i denne fasen av komposteringen.

### Modningsfasen

Etter at de lett-nedbrytbare stoffene i komposten er omsatt, brytes de tyngre stoffene ned.

Disse prosessene går langsommere og dette fører til lavere temperaturer og dermed lavere abiogene luktemisjoner. Den reduserte aktiviteten gir lavere forbruk av oksygen, som igjen gir et aerobt miljø og mindre luktintensive komponenter.

Ved at komposten etter hvert mer og mer blir grobunn for sopper og actinomyceter forandres luktinntrykket fra komposten til å bli mer jordlignende. Dette har i første rekke med dannelsen av humusstoffer å gjøre.

Tabell 4-1: Prosessfaser ved kompostering og deres fremtredende luktinntrykk (etter Pöhle, Mietke og Kliche 1993)

Prosessfase	Karakteristiske luktavgivende stoffer	Fremtredende luktinntrykk	Lukt konsentrasjon ED <sub>50</sub> (fortynning)	Varighet (omtrent – i dager)	pH
Mesofil, sur startfase	Aldehyder, alkoholer, karbonsyreester, sulfider, limoner og terpen	alkoholisk, fruktig	6.000 – 25.000	3-14	4,3 – 6,0
Selvoppvarmingsfasen og den termofile fase	Ketoner, svovelorganiske forbindelser, terpen og ammoniakk	søtlig-soppaktig, ubehagelig - stinkende	1.000 – 9.000	4-14	overgang til nøytralt – alkalisk
Modningsfasen (avkjølingsfasen)	Sulfider, terpen og ammoniakk	stinkende - soppaktig-stikkende	150 – 3.000	til slutten av den aktive komposteringen	s.o.

### Typiske luktkomponenter

#### *NH<sub>3</sub> – Ammoniakk*

Ammoniakk dannes ved både anaerob og aerob nedbrytning av proteiner og aminosyrer. Alle kompostblandinger med overskudd av organisk nitrogen (lavt C/N-forhold) har potensiale for å frigjøre store mengder ammoniakk. Emisjonen av ammoniakk er avhengig av pH; ved pH > 8,3 øker emisjonen sterkt som følge av at syre-base-likevekten mellom ammoniakk og ammonium som syre forskyves mot ammoniakk (Ballesterio and Douglas 1996).

Konsentrasjoner er blitt målt på opp til 1000 ppm i avgassen fra slamkompostering.

Ammoniakk har en relativ høy lukterskel (0,0378 ppmv), og betraktes derfor kun som et problem inne i anleggene. (Haug 1993) (Se også nitrogen-balanseregnskap i kap. 4.5)

Den administrative normen for ammoniakk er 25 ppm. målinger fra tre norske komposteringsanlegg viser 0,3-30 ppm NH<sub>3</sub>. (Heldal 1997).

#### Uorganiske sulfider

Hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S) er et velkjent sterktlukende stoff, som kjennes som lukten av råtne egg. Det har en svært lav lukterskel og kan detekteres ved en konsentrasjon på 1 av 2 milliarder (0,5 ppbv). Hydrogensulfid dannes typisk ved to reaksjoner. En mulighet er en anaerob nedbrytning av proteiner eller andre svovelholdige forbindelser. En annen mulighet er anoksiske forhold med tilstedeværelse av organisk materiale og sulfat. I dette tilfellet brukes sulfatet som elektronakseptor og reduseres til hydrogensulfid. Ved kompostering er det den første formen som er av betydning, spesielt i dårlige luftede/luftbare soner av komposten. (Haug 1993)

I målingen fra de norske komposteringsanleggene kunne hydrogensulfid kun påvises i et av tilfellene. (Heldal 1997)

## Organiske sulfider

Merkaptaner er den svovelholdige parallellen til alkoholer med formelen R-SH. Stoffgruppen kjennetegnes ved deres ekle og frastøtende lukt. Lukten er sterkest ved lav molekylvekt og luktterskelen til metyl-merkaptan er 0,0011 ppmv. Lukten av stinkdyr er relatert til butyl-merkaptan. Alkylsulfider med formelen R-S-R er svovelparallellen til etere og kjennetegnes bl.a. i lukten av løk og hvitløk. Dimetyl-sulfider er den mest aggressive sorten og kan kjennes i konsentrasjonen på 0,001 ppmv.

Merkaptaner kan dannes ved nedbryting av svovelholdige aminosyrer ved både aerobe og anaerobe forhold. Det produseres mest under anaerobe forhold. Hvis oksygen er tilgjengelig slik som i heterogene avfallsklumper med noen anaerobe soner, blir merkaptanene oksydert til dimetyl-sulfid og dimetyl-disulfid. Det er derfor sannsynlig at begge disse stoffgruppene dannes og omdannes inne i kompostranken. (Haug 1993)

Stoffet ble imidlertid ikke påvist ved en deteksjonsgrense på 0,5 ppm i norske anlegg.

## Terpener

Terpener er naturlige derivater av sykloalkaner med en eller to ringer. De er kjente stoffer som bl.a. brukes til parfymen og som eteriske oljer (limoner, cineoler etc.) ikke minst pga. et høyt partialtrykk. Det er derfor naturlig at disse emitteres i komposteringsprosessen. Wilber & Murray fant ut at terpener avgis særlig ved bruk av tremateriale som struktur. (Haug 1993)

### Rensing av lukt fra komposteringsanlegg

En komposteringsranke vil, når den ligger i ro, ha en selvrensende effekt på luktkomponenter. På grunn av optimal lufttilførsel, vil nedbrytningsprosessen i det ytterste laget av ranken utvikle seg raskest. Når luktkomponenter dannes lenger nede i ranken og stiger opp, vil det ytterste laget fungere som et biofilter og rense luften for lukkestoffene. (Se side 41)

På tross av denne selvrenseeffekten vil det ofte være påkrevet å rense luften fra et komposteringsanlegg. Dette er dog kun mulig i anlegg hvor luftstrømmen kan styres. Dette vil si lukkede anlegg og åpne rankeanlegg hvor luften suges gjennom ranken. Konsepter for luktrenging baserer seg på å lede mest mulig av den luktagivende luften gjennom et scrubber. I noen anlegg brukes egenprodusert kompost som har gått gjennom intensivfasen og tilegnet seg luktrengende egenskaper. Luktrengingen kan da kombineres med luftebehovet til denne modningskomposten. (Wiemer 1995).

Anlegg for rensing av lukt har sin begrensning i renseeffekt og oppsamlingsnivå. Biofilter kan ha en renseeffekt på opp til 95% men ved dårlig vedlikehold kan effekten gå ned mot 20-50%. (Nithammer 1995). Det største problemet med biofilter er at driften av slike krever riktig innstilling av fuktigheten og en jevn fordeling av luften gjennom filteret. Et annet problem med luktrenging er å få tak i hele den luktagivende luften. Ved et komposteringsanlegg finnes flere diffuse kilder til lukt. Mottaksområdet og portene for innkjøring av råkompost og utkjøring av kompost til ettermodning/lagring er slike kilder som det kan være vanskelig å styre inn i luktrengingseanlegget. Tabell 4-2 gir oversikt over orienteringsverdier fra slike områder.

Tabell 4-2: Luktkonsentrasjoner fra områder som kan falle utenom luktrengingseanlegg (Nithammer 1996)

Emisjonskilde	Orienteringsverdier for luktkonsentrasjon ED <sub>50</sub> /m <sup>3</sup> avfall
Mottaksområde	180 - 1700
Forbehandling	120 - 9500
Ettermodning	3 - 100